

PCT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents
 United States Patent and Trademark
 Office
 Box PCT
 Washington, D.C.20231
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 13 September 2000 (13.09.00)	
International application No. PCT/FI00/00112	Applicant's or agent's file reference P00231PCT
International filing date (day/month/year) 15 February 2000 (15.02.00)	Priority date (day/month/year) 15 February 1999 (15.02.99)
Applicant ELO, Harri	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

10 July 2000 (10.07.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Manu Berrod
Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Telephone No.: (41-22) 338.83.38

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

14

Applicant's or agent's file reference P00231PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FI00/00112	International filing date (day/month/year) 15.02.2000	Priority date (day/month/year) 15.02.1999
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC ₇ H 03 H 11/40, H 04 M 11/06		
Applicant Nokia Networks OY et al		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.
- ☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 2 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 10.07.2000	Date of completion of this report 18.04.2001
Name and mailing address of the IPEA/SE Patent- och registreringsverket Box 5055 S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. 08-667 72 88	Authorized officer Antonio Farieta/MN Telephone No. 08-782 25 00

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FI00/00112

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages 1-14, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
pages _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement) under article 19
pages _____, filed with the demand
pages 15-16, filed with the letter of 28.02.2001
- ☒ the drawings:
pages 1-5, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.These elements were available or furnished to this Authority in the following language English which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☒ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rules 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheet/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2 (c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are annexed to this report since they do not contain amendments (Rules 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item I and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FI00/00112

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	<u>1-8</u>	YES
	Claims	_____	NO
Inventive step (IS)	Claims	<u>1-8</u>	YES
	Claims	_____	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	<u>1-8</u>	YES
	Claims	_____	NO

2. Citations and explanations (Rule 70.7)

The claimed invention relates to the implementation of narrowband and broadband services in a telecommunication network. A splitter element comprising a passive low-pass filter block connected between the transmission link and a first interface, a high-pass filter unit connected between the transmission link and a second interface, and discrete impedance converting means for adapting the first interface to the characteristic impedance of the transmission link. In order that the impedance matching required by the low-pass filter block may be implemented in an economical way yet maintaining the service quality, the impedance converting means are entirely placed between the interface of the low-pass filter block on the transmission link side and the first interface.

The following documents were cited in the International Search Report:

- D1) IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Volume 13, No 9, December 1995, John Cook et al., "ADSL and VDSL Splitter Design and Telephony Performance".
- D2) EP, A1, 0677938
- D3) US, A, 5623543

Document D1 discloses the effects of introducing ADSL and VDSL splitter filters into the telephony transmission system, both with passive and active filters. The way for implementing narrowband and broadband services on a transmission link that has a frequency dependent characteristic impedance is through transferring the signals of the narrow band in a first frequency range below a given threshold frequency and signals of the broadband in a second frequency range above said given

.../...

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: V

threshold frequency, further, splitter filters are introduced into the telephony transmission system, both with passive and active filters. The splitter element comprises a passive low-pass filter block connected between the transmission link and the POTS-port, a high-pass filter unit is connected between the transmission link and the ADSL-port and a GIC-block for adapting the POTS-port to the characteristic impedance of the transmission link, connected between the low-pass filter block and the POTS-port. By introducing active impedance matching circuits, e.g. the GIC-block, to the splitter; the filter design becomes more relaxed and allows more efficiency of bandwidth by the broadband signal and significantly better telephony performance.

Document D2 discloses a signal coupler for coupling Plain Old Telephone Service (POTS) signals and Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) signals to a common line (TL). The signal coupler includes two transmission branches (ATR,HPF), (PTR,SL,LPF) for respective signals, which are connected to a common transmission line. Each signal has a respective frequency spectrum, which are non-overlapping. The first signal branch includes a cascade coupling of a first signal device (ATR) and a first high pass filter (HPF), both being adapted to the first frequency spectrum. The second branch include a second device (PTR) and a low pass filter (LPF) adapted to the second frequency spectrum, and a variable impedance (SL). The first branch signal device includes a measurement unit (MM) which measures the attenuation of the common line, and generates a control signal to modify the impedance value. It avoids saturation of inductances of low pass POTS filter and avoids or reduces loss of part of first signal via second bandpass filter due to second signal being too strong and not sufficiently attenuated by common line.

Document D3 discloses a subscriber end filtering in a telephone transmission system comprising a high-pass filter between a line port and a transmitter-receiver and a passive low-pass filter transparent to DC and to components exceeding a predetermined amplitude. A twisted-pair telephone line is connected to a conventional telephone via a low-pass filter and a high pass filter. The low-pass filter is primarily passive to allow passage of line power, ringing and signaling voltages. However, to improve matching to non-resistive line and telephone impedances, part of the filter is flanked by impedance converters in which amplifiers with an appropriate transfer function feed voltages back into the line via transformers.

.../...

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FI00/00112

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: V

The methods and/or systems that are disclosed in documents D1 - D3 show only the general state of the art of the claimed invention. The present invention is associated with improving the implementation of a transmission connection via which both narrowband (POTS/ISDN) and broadband services are offered through separating narrowband services from broadband services. Wherein broadband services are implemented with ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) technology and the narrowband services are offered in the frequency range below the ADSL band. The improvements in the present invention are achieved by matching the low pass filter of a POTS/ADSL splitter to the subscriber line, wherein the filter can be implemented in such a way that its input impedance clearly deviates from the ideal value, but the impedance matching is corrected by a GIC block (conversion means). The GIC block is introduced asymmetrically into the splitter so that it is entirely between the POTS interface and the subscriber line end of the filter, not at all between the subscriber line and the filter. Furthermore, the document D1 teaches the use of GIC blocks in connection of splitters. However, D1 teaches only how to use the GIC blocks reciprocally (Symmetrically) in view of the filter. Document D2, on the other hand does not even refer to GIC blocks. On the basis of the above discussed differences, the preambles of the independent claims have been specified by stating that the GIC block of the splitter implement the matching to the transmission line impedance independently without external control. Consequently, it is clear that none of the above mentioned documents suggest a solution like this.

Neither/nor of the cited documents D1 - D3, whether considered alone or in combination, suggest a solution according to the present invention. Therefore, it can be conclude that a man skilled in the art, being faced with the problems described above and having knowledge of the cited documents, would not know how to modify and/or improve the methods and/or systems so that would lead to a method and/or a system, as the one claimed in the present application.

Therefore, the invention according to claims 1- 8 is novel (N), is considered to involve an inventive step (IS) and is considered to have industrial applicability (IA).



INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

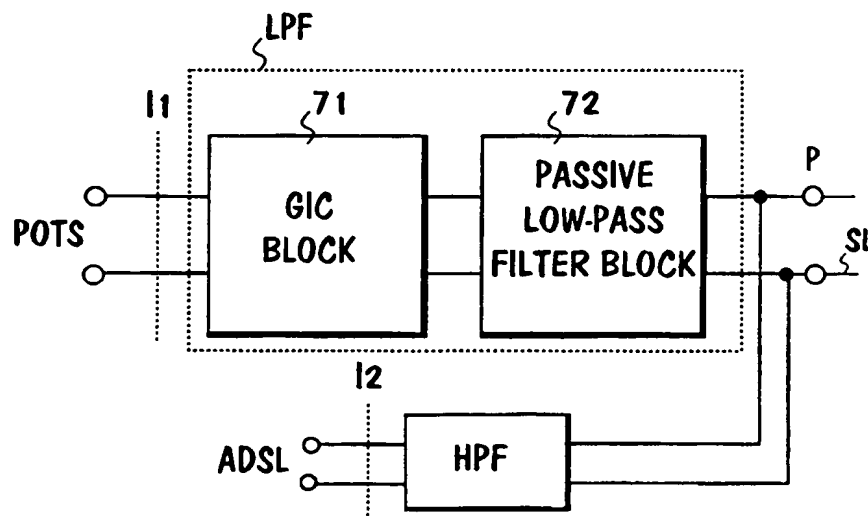
(51) International Patent Classification ⁷ : H03H 11/40, H04M 11/06		A1	(11) International Publication Number: WO 00/48314
			(43) International Publication Date: 17 August 2000 (17.08.00)
(21) International Application Number: PCT/FI00/00112 (22) International Filing Date: 15 February 2000 (15.02.00) (30) Priority Data: 990308 15 February 1999 (15.02.99) FI (71) Applicant (for all designated States except US): NOKIA NETWORKS OY [FI/FI]; Keilalahdentie 4, FIN-02150 Espoo (FI). (72) Inventor; and (75) Inventor/Applicant (for US only): ELO, Harri [FI/FI]; Kaivonkatsojantie 5 A 2, FIN-00980 Helsinki (FI). (74) Agent: PATENT AGENCY COMPATENT LTD.; Pitkäsillanranta 3 B, FIN-00530 Helsinki (FI).		(81) Designated States: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Published <i>With international search report.</i> <i>In English translation (filed in Finnish).</i>	

(54) Title: MULTIPLEXING AND DEMULTIPLEXING OF NARROWBAND AND BROADBAND SERVICES IN A TRANSMISSION CONNECTION

(57) Abstract

The invention relates to the implementation of narrowband and broadband services in a telecommunications network. A splitter element is connected to a transmission link, the splitter element comprising a passive low-pass filter block (72) connected between the transmission link and a first interface (I1), a high-pass filter unit (HPF) connected between the transmission link and a second interface (I2), and discrete impedance converting means (71) for adapting the first interface to the characteristic impedance of the transmission link. In order that the impedance matching required by the low-pass filter block may be implemented in an economical

way yet maintaining the service quality, the impedance converting means are entirely placed between the interface of the low-pass filter block (72) on the transmission link side and the first interface.



FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece			TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MN	Mongolia	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MR	Mauritania	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MW	Malawi	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	MX	Mexico	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Netherlands	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NO	Norway	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	NZ	New Zealand		
CM	Cameroon			PL	Poland		
CN	China	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		

MULTIPLEXING AND DEMULTIPLEXING OF NARROWBAND AND
BROADBAND SERVICES IN A TRANSMISSION CONNECTION

Field of the Invention

5 The present invention relates generally to the implementation of a transmission connection via which both narrowband and broadband services are offered. More specifically, the invention relates to the separating of narrowband POTS/ISDN services from broadband services, particularly broadband services implemented with ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber
10 Line) technology. Narrowband services in this context denote services offered in the frequency range below the ADSL band.

Background of the Invention

 Optical fibre is a self-evident choice as a transmission medium for a
15 core network, since trunk connections usually require high transmission capacity, the transmission distances used are long, and ready routes are often available for cables. Also for subscriber connections (line between a local exchange and a subscriber) the situation is rapidly changing, since various services implemented with multimedia, requiring a high transmission rate, will
20 be commonplace from the point of an individual consumer as well.

 However, no significant savings in the costs for constructing a future network offering broadband services can be foreseen, since the costs mainly arise from cable installation costs. However, it is desired to construct optical fibre also in the subscriber network as much as possible, since it is
25 clearly seen that there will be a demand for it in the future. The costs of renewing subscriber networks are very high, however, and in terms of time, decades are actually involved in this context. High costs are indeed the principal impediment to the spreading of fibre to the subscriber network.

 On account of the above reasons, the possibilities of utilizing conventional subscriber line (metal pair cable) for fast data transmission, i.e. for
30 rates clearly above the rate of an ISDN basic access (144 kbit/s), have been mapped out more effectively than before. The present ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) and HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line) techniques do offer new possibilities for transfer of fast data and video along
35 the pair cable of a telephone network to subscriber terminals.

An ADSL transmission link is asymmetric in the sense that the transmission rate from network to subscriber is much higher than from subscriber to network. ADSL technology is mainly intended for various on-demand services. In practice, the rate of an ADSL transmission link from
5 network to subscriber is in the order 2 - 6 Mbit/s and from subscriber to network in the order 32 - 640 kbit/s (mere control channel). (The data rate of an ADSL line is always $n \times 32$ kbit/s, where n is an integer.)

The HDSL transmission technique relates to the transfer of a 2 Mbit/s-level digital signal in a metal pair cable. HDSL transmission is
10 symmetric, that is, the transmission rate is the same in both directions.

Since the above solutions only afford rates in the order 1 - 6 Mbit/s, a technique enabling ATM-level rates (10 - 55 Mbit/s) has also been sought for the pair cable of a subscriber line. The international standardization body ETSI (European Telecommunications Standards Institute) is working out a specifica-
15 tion on VDSL (Very high data rate Digital Subscriber Line) equipment enabling such rates. By VDSL technology, both symmetric and asymmetric links can be implemented.

The above technologies, by which fast data is transferred through a pair cable, are called by the common name xDSL. Thus, even though it is not
20 yet possible to offer broadband services to end users by utilizing optical fibre, by means of these techniques the present telephone operators are capable of offering said services through existing subscriber lines.

Since ADSL seems at the moment to be the most promising technique for implementing broadband services, it will be used as an example
25 of the access technique by means of which the services are offered.

The ADSL Forum has specified a generic network model for xDSL links; this is illustrated in Figure 1. The device that connects to a subscriber line at the subscriber end is called ATU-R (ADSL Transmission Unit - Remote), and the device that connects to a subscriber line at the network end (e.g. at a
30 local exchange) is called ATU-C (ADSL Transmission Unit - Central). These devices are also called ADSL modems (or ADSL transceivers), and they define between them an ADSL link. The high-speed data on the ADSL link is connected to the subscriber line in such a way that the subscriber can still use the old narrowband POTS/ISDN services, but the subscriber additionally has a
35 high-speed data connection available. In principle, there are two ways to multiplex POTS and ADSL signals or ISDN and ADSL signals onto the same

subscriber line: time division multiplexing or frequency division multiplexing. The present invention employs frequency division multiplexing, in which narrowband and broadband services are separated from one another by a splitter or cross-over carrying out the frequency division of ADSL signals and narrowband signals. The splitter can be a POTS/ADSL splitter PS or an ISDN/ADSL splitter IS.

The terminals TE at the end user can be of many different types, such as terminals TE1 of a cable TV network, personal computers TE2 or even ISDN phones TE3 if time division multiplexing is used. A service module SM_i (i=1...3) is provided for each terminal, carrying out the functions relating to terminal adaptation. Such service modules can in practice include Set Top Boxes, PC interfaces or LAN routers, for example. A premises distribution network PDN, located at the premises of the subscriber, connects the ATU-R to the service modules.

At the network end of the ADSL link, an access node AN constitutes a concentration point for narrowband and broadband data, at which point the traffic arriving from different service systems through different networks is concentrated. The access node is located at the exchange of a telephone network, for example.

In Figure 1, reference A denotes the part constituted by a private network, B the part constituted by a public network, and C a network located at the premises of a subscriber (the telephones are naturally located at the subscriber).

The generic network model relating to xDSL links was set forth above in order to describe the overall environment of the invention. Since the invention relates to the part constituted by the actual ADSL link, which is located either between the local exchange and the subscriber or between a street cabinet and the subscriber, only this part located between the ADSL modems will be described in closer detail hereinbelow.

As stated previously, POTS (Plain Old Telephone Service) and ADSL services can be frequency multiplexed onto the same pair cable by means of a splitter. Figure 2 illustrates a subscriber line divided between POTS and ADSL services, denoted with reference SL. In practice, the splitter (PS1 or PS2) comprises two filter units: a low-pass filter unit LPF prevents the access of signals of the ADSL band (25 kHz...1.1 MHz) to the POTS interface I1, and a high-pass filter unit HPF prevents the access of signals of the POTS

band (0 Hz...4 kHz) to the ADSL interface I2. Thus, the frequency division of the link is of the kind shown in Figure 3: signals relating to POTS or ISDN services are transferred at low frequencies, and ADSL signals are transferred at higher frequencies. The splitter has a line port (P) connected to the subscriber line. The low-pass filter unit is connected between the line port and the POTS interface I1, and the high-pass filter unit HPF is connected between the line port and the ADSL interface I2.

Teleoperators determine the viability of filters by means of a reference impedance, which is defined so as to correspond to the actual impedance of the subscriber link as well as possible. Figure 4 depicts a typical reference impedance Z_{ref} used by operators, comprising a resistance (R11) followed by a parallel connection of a resistance (R12) and a capacitor (C11). Some operators define the reference impedance as real ($R11 = C11 = 0$), but in a generic case, however, the reference impedance is complex. The filter must provide a sufficiently good impedance match to the reference impedance in the voice band. A perfect impedance match is achieved when the output impedance of the generator concurs with the load impedance. The operators estimate the viability of filter units by feeding to a load impedance, being equal to the reference impedance, a signal from a generator whose output impedance also equals the reference impedance. The load impedance is looked at through the filter. In such a case, the effective load impedance deviates from the reference impedance, since the filter unit can never be entirely transparent. There is no international standard relating to the impedance match, but each operator has his own quantitative measure in determining what is a sufficiently good impedance match.

The impedance match of the splitter must be as good as possible in both directions, that is, too much reflection is not allowed in either direction. In practice, such a filter unit can be implemented as a passive LC network (i.e., as a circuitry comprising windings and capacitors). In the case of a high-pass filter, LC implementation seems to be the only feasible alternative. In the case of a low-pass filter, however, this implementation is attended by significant problems, which will be described in the following.

A passive low-pass filter loads both the subscriber line and the POTS interface by its input impedance. This impedance should equal the impedance of the subscriber line and the POTS interface as well as possible before the installation of the splitter, since in that case the splitter does not

impair the matching of the POTS interface to the subscriber line. However, the impedance of a passive filter cannot be designed independently of the other parameters, but the transfer function striven for and the load impedance set the boundary conditions for the impedance to be realized.

5 Furthermore, sufficient isolation must be provided between the POTS and ADSL services. It has been found in practice that an insertion loss of at least 40 dB is needed in the low-pass filter to ensure that the services appear to the subscriber as fully isolated from one another. Such attenuation also meets the international requirements set on the maximum signal level
10 outside the voice band, measured at a POTS interface. In the case of most operators, however, it is not possible to achieve a sufficiently good impedance match in such a situation. The resultant mismatch diminishes the trans-hybrid loss at the exchange end and sidetone masking at the subscriber end, thus deteriorating service quality.

15 Hence, the characteristic impedance Z'_0 that is visible when the subscriber line is seen through an LC filter is in practice at least somewhat dissimilar to the characteristic impedance Z_0 of the plain subscriber line. However, an attempt must be made to carry out the filtering so that $Z'_0 \approx Z_0$. There are two principal alternatives for realizing the impedance matching.
20 First, the actual filter can be implemented in such a way as to exhibit a sufficiently correct input impedance. Another alternative is to implement the filter in such a way that its input impedance clearly deviates from the ideal value, but the impedance matching is corrected by a discrete correction block. Such a correction block is termed a Generalized Immittance Converter (GIC).
25 The alternative to be selected for the implementation is mainly dependent on the standard specifications set by the teleoperators. Some teleoperators stipulate in their specifications that the impedance matching be effected by means of a discrete GIC block.

A solution based on the use of a GIC block is disclosed in
30 European patent publication EP-0742972-B1. This publication discloses a POTS splitter in which a passive filter (LC network) is used as a low-pass filter, but in addition to this, a two-way impedance correction is made by using two GIC blocks. More specifically, in the implementation disclosed in said publication the LC and GIC blocks have been used as shown in Figure 5, i.e.
35 in such a way that the LC network 52 serving as a low-pass filter is placed between two GIC blocks 51. Hence, in this publication the starting-point is the

idea that to make the impedance matching in each direction sufficiently good, the low-pass filter must be implemented as reciprocal, i.e., mirrored.

However, in practice a GIC block is a costly and sizeable circuit element, and hence the inclusion of two such substantially similar circuit elements will render the splitter expensive and large and result in a cumbersome practical implementation.

Furthermore, a GIC block has been found to be associated with at least the following drawbacks:

- In the preferred practical implementation, the input circuit of the GIC block will connect to line capacitively and the output circuit inductively. In such a case, a limited amount of transfer resistance is associated with the GIC block, which will result in an increase in the effective length of the POTS line in offhook state.

- A limited amount of shunt impedance is also associated with the GIC block, which will load the line in offhook state in which the impedance is nominally infinite.

-The GIC block is active, i.e. consumes power.

Summary of the Invention

It is an object of the present invention to bring about an improvement to the above drawbacks by providing a solution by means of which the impedance matching can be realized in an optimal way.

This object is achieved with a solution in accordance with the invention, which is defined in the independent claims.

The idea of the invention is to compensate for the deterioration in service quality caused by the addition of the splitter asymmetrically by placing impedance conversion means wholly between the subscriber line-end interface of the passive low-pass filter and the POTS/ISDN interface. In such a case, the impedance matching can be effected either by using a single GIC block placed between the passive low-pass filter block and the POTS interface, or even entirely without a GIC block by providing the passive low-pass filter with separate resistances that afford an impedance correction effect through changing the characteristic impedance of the filter block. The last-mentioned method, however, is only intended for cases where the matching requirements are not stringent, wherefore the implementation using a single GIC block is preferable. By means of this GIC block, the impedance matching

can be restored with as good accuracy as possible to correspond to the situation before the installation of the ADSL, particularly as in practice even the strictest matching requirements can be met by using, in addition to one GIC block, the above-stated resistances in the passive low-pass filter block, by means of which the matching of the filter can be improved from the subscriber line side.

The invention is based on the idea that what is essential for maintaining the quality of service is the symmetry of the connection, not that of the splitter (filter). Since the addition of a low-pass filter to the connection causes deterioration in the balance of the impedance bridge (will be described below) in the subscriber station, a correction to be carried out by means of a discrete GIC block does not afford any significant advantage on that side of the filter in which a two-wire/four-wire conversion is not carried out. Hence, no separate GIC block is needed on the subscriber line side of the filter block, but the impedance matching can be implemented with a single block on the side of the POTS interface, using the above-stated resistances in the filter block as an aid, when necessary.

By means of the solution in accordance with the invention, high-quality xDSL service can be realized more economically and using a smaller and simpler splitter than heretofore. Furthermore, compared with a solution with two GICs, other advantages are gained with the solution, such as halving of the above transfer resistance and, in consequence, a smaller increase in the effective length in offhook state and doubling of said shunt impedance and, as a result, halving of the load in onhook state.

25

Brief Description of the Drawings

The invention and its preferred embodiments will be described in greater detail in the following with reference to examples in accordance with the accompanying drawings, in which

30

- Figure 1 illustrates the generic network model specified by the ADSL Forum,
- Figure 2 shows a subscriber line divided between POTS and ADSL services,
- Figure 3 shows the frequency division used in a transmission connection in accordance with the invention,
- 35 Figure 4 illustrates the reference impedance used by operators, by means of which the viability of a splitter is estimated,

- Figure 5 illustrates a prior art impedance correction method,
Figure 6 illustrates prior art separation of transmission directions carried out in the subscriber connection,
Figure 7 illustrates a filter topology in accordance with the invention for the
5 low-pass filter of a POTS/ADSL splitter,
Figure 8 illustrates a passive low-pass filter block used in the embodiment in accordance with Figure 7 in its generic form,
Figure 9 illustrates a differential implementation of the filter block of Figure 8,
Figure 10 illustrates a possible implementation of the filter block,
10 Figure 11 illustrates a generic 2-port circuit,
Figure 12 illustrates the principle of implementation of an impedance-converting GIC,
Figure 13 illustrates a practical implementation of the impedance-converting GIC in a unipolar case,
15 Figure 14 illustrates the practical implementation of the GIC of Figure 13 in a differential case,
Figure 15 illustrates the GIC block of Figure 14 when both its input and its output are inductively connected to line, and
Figures 16a and 16b illustrate practical examples of dimensioning the low-pass
20 filter block.

Detailed Description of the Invention

As stated previously, the band division filtering required in xDSL technology must be realized in such a way that service quality will not appreciably deteriorate when the xDSL feature is added to the subscriber line. For the
25 low-pass filter, this means for example that the impedance of the filter must be matched as well as possible to the subscriber line. As also stated previously, the specifications of some operators stipulate that the impedance matching be carried out by means of a discrete GIC block.

30 As is generally known, in a conventional subscriber connection the transmission directions are separated by means of an impedance bridge (hybrid). This principle has been illustrated in Figure 6, in which the impedance bridge is made up by impedances Z_1 , Z_2 , Z_3 and line impedance Z_{line} . In the transmission branch, the microphone M of the telephone set is connected
35 through amplifier A_1 and impedance Z_3 to line conductor L . On the other hand, the terminal of impedance Z_3 on the amplifier side is connected through

impedances Z_1 and Z_2 to ground. The common terminal of the two last-mentioned and the line conductor L form a receiving interface, which is connected through receiving amplifier A_2 to earphone E . In a balanced state, $Z_1/Z_2 = Z_3/Z_{\text{line}}$ applies to the impedance values. The correct operation of the

5 impedance bridge requires that it is loaded through a subscriber line that terminates with a remote-end bridge (whose implementation in principle is identical with that of the subscriber end and which is situated at a local exchange).

The solution in accordance with the invention is based on the idea

10 that for the quality of the telephone connection, what is essential is the symmetry of the connection and not that of the filter, whereupon the implementation with two GIC blocks is based. When the low-pass filter is incorporated into the connection, it causes deterioration of the balance of the impedance bridge. On this account, the impedance correction is implemented

15 asymmetrically in the present invention in such a way that there is no separate GIC block on the subscriber line side of the filter, where no two-wire/four-wire conversion is carried out. In the preferred embodiment, the solution in accordance with Figure 7 is used, in which the actual filtration is carried out in a passive low-pass filter block 72, which is typically an RLC network, and a

20 GIC block 71, wherewith the impedance matching is restored with as high accuracy as possible to correspond to the situation before the installation of the ADSL, is placed between the POTS interface and the low-pass filter block. Hence, a GIC block is only provided on the POTS interface side of the low-pass filter block.

25 The low-pass filter block 72 in its generic form is a network of the kind shown in Figure 8, comprising N successive subblocks B_i ($i=1 \dots N$), each of which can comprise (relative to the subscriber line) a longitudinal capacitor CL_i , a longitudinal resistance RL_i , a longitudinal coil LL_i and a transverse capacitor CT_i ($i=1 \dots N$). An exception to this is the first block (B_N) seen from

30 the subscriber line, in which no longitudinal capacitances are allowed. This is because the low-pass filter must have a high input impedance in the ADSL band. Each of these components performs its own task in the filter block. The basic function, i.e. low-pass filtering, is achieved with a combination of a longitudinal coil and a transverse capacitor. By means of a longitudinal capacitor,

35 on the other hand, attenuation can be added to a given frequency band. By means of longitudinal resistances RL_i , the characteristic impedance of the filter

can be shaped and thereby the impedance matching on the subscriber line side corrected, when necessary.

The practical implementation is typically differential, the low-pass filter block being in accordance with Figure 9. In this case, the longitudinal inductance of each block has been implemented by means of a transformer
5 T_{Li} (and the longitudinal resistances and capacitors are in parallel with each winding of said transformer).

The number of successive subblocks in the low-pass filter block can vary. In the simplest case, there is only one subblock (N=1); yet in practice to
10 achieve sufficient ADSL band attenuation, at least two subblocks are needed. The quantity of subblocks is used to influence the steepness of the filter. Corresponding components have typically different values in the different subblocks. Each subblock has at least one longitudinal coil, but the entire filter block nevertheless always has at least one longitudinal coil (transformer) and
15 one transverse capacitor. In the case of an LC network, in which longitudinal resistances are not used to influence the matching, the GIC block on the side of the POTS interface is indispensable.

The low-pass filter block is implemented using the known filter design principles, but in addition impedance matching for the subscriber line side can be attended to by longitudinal resistances, if necessary. However, the
20 necessity thereof is dependent on whether the GIC block is indispensable and if it is, how well the matching requirements can be met with a GIC block only.

Figure 10 illustrates an exemplary implementation of the low-pass filter block, having a total of three successive subblocks. The first subblock
25 comprises all the components stated above, the second subblock comprises all the other components except for longitudinal capacitors, and the third subblock only comprises a longitudinal transformer. In this case, the characteristic impedance of the filter has been shaped by means of longitudinal resistances RL1', RL1'', RL2', RL2''. The characteristic impedance
30 of a plain LC network is real, but it changes into complex if longitudinal resistances are introduced. In the following, two further practical design examples will be presented.

Known principles can also be applied in implementing the impedance-changing GIC block 71. What is essential for the embodiment is,
35 among other things, that the GIC block offers a relatively transparent route (small attenuation/distortion) for the ringing voltage and direct current. The

principles of the GIC block will be described in detail in the following. (These principles are also disclosed e.g. in Leonard T. Bruton, *RC-Active Circuits, Theory and Design*, Chapter 2-6.1, Prentice-Hall, Inc., ISBN 0-13-753467-1).

5 A relationship exists between the currents and voltages of ports 1 and 2 in a generic 2-port circuit (Figure 11), defined by elements A, B, C and D of the chain matrix of the port as follows:

$$\begin{bmatrix} V_1(s) \\ I_1(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2(s) \\ -I_2(s) \end{bmatrix}.$$

10 Hence, in the generic case the matrix elements as well as the currents and voltages on the ports are frequency-dependent (s is the complex frequency to which applies $s=j\omega=j2\pi f$, where f is the frequency and $j^2=-1$). If

$$\begin{cases} B = C = 0 \\ A \neq D \end{cases}$$

holds true, an impedance-changing 2-port is concerned. This means that the input impedance Z_1 ($=V_1/I_1$) of port 1 and the load impedance Z_2 of port 2 are
15 connected by the relation

$$Z_1 = \frac{A(s)Z_2}{D(s)} = F(s)Z_2.$$

Hence, the impedance present on port 1 is equal to the load impedance on port 2 multiplied by a function of the complex frequency, which is independent of the load impedance. A 2-port having such a chain matrix can
20 be implemented by connecting a voltage source controlled by the voltage on port 2 between the ports in accordance with Figure 12.

It is preferable to connect the controlled source to a practical subscriber line using a circuit topology as shown in Figure 13, in which the input of the voltage source (operational amplifier OP1) connects to line capacitively and the output inductively. This solution has the advantage that the necessary components are (physically and/or electrically) as small in size as possible. In the connection of Figure 13, the non-inverted input of the operational amplifier is connected to ground potential and its inverted input to line through a sense circuit SC comprising a resistance R_{in} and capacitor C_{in} . By means of this RC
25 circuit, the line voltage is sampled to the operational amplifier. Capacitance C_{in} has a high value so that in the voice band the capacitance can approximately be presumed as a short circuit, in which case the amplifier has a resistive input
30

(in the voice band). The feedback loop of the operational amplifier has an impedance Z_f , which is a function of the complex frequency s , in which case a voltage $V[(a+bs)/(c+ds)]$ is obtained at point P1 when V is the input voltage, where a and b are constants. This voltage is converted in transformer T2 to longitudinal format for the line. Thus, the connection of Figure 13 adheres to the principle of Figure 12.

In practice, the subscriber line is a two-wire line, and thus the connection must be carried out differentially. Figure 14 illustrates such an implementation. In this case, a current I_b is obtained at the input of operational amplifier OPb, said current being proportional to the potential V_b in wire b. By means of operational amplifier OPa, analog inversion is performed, and thus a current I_a , proportional to the potential $-V_a$ when V_a is the potential of wire a, is obtained at the output of the amplifier. By means of operational amplifier OPb, these currents are added together to the feedback leg provided by impedance Z_f , which gives a voltage of the above-described format at point P1.

However, the implementation of a GIC block in accordance with Figure 14 is associated with a problem: the connection converts a common mode voltage to differential. Two alternative solutions can be offered to the problem:

1. The filter is implemented in such a way that in practice there is a finite impedance to the earth from the ground potential of the electronics, i.e., the electronics of the filter floats.

2. The resistances and capacitors of the input circuit of the GIC block are selected so that the asymmetry is negligible.

In a practical implementation, only alternative 1 seems to be realistic, as selection of the resistances and capacitors in accordance with point 2 is very expensive.

Figure 15 shows a GIC block in which both the input and the output circuit are inductively connected to line. In this case, input capacitances C_{in} are not needed (the tapping point of the primary winding has capacitor C), and thus the resistances R_{in} are directly connected to the ends of the secondary winding of transformer T3. Transformer T3 can be implemented highly symmetrically compared to discrete resistances and capacitors, and hence no special attention need to be paid to earthing arrangements when this topology is used. However, this connection is not optimal either, as both the main inductance of transformer T3 and the capacitance of capacitor C must be remarkably high. In practice, this will result in physically large components.

However, when high capacitances (of the order one microfarad or more) are used, there is a risk that the telephone set will not ring when the ringing tone generator of the exchange is capacitively loaded. Also for this reason, it is highly disadvantageous to use an implementation with two GIC blocks. Therefore, an additional advantage of the invention is that such a risk will be made smaller in said implementations.

As stated previously, if the matching requirements set by the tele-operator are not stringent, it is in practice possible to realize the matching by means of an RLC network only, by dimensioning of the longitudinal resistances.

Figures 16a and 16b show two practical dimensioning examples of the low-pass filter block. In the case of Figure 16a, a GIC block has been used (preferably in accordance with e.g. Figure 13), whereas in the case of Figure 16b the matching is attended to by an RLC network only. In the figures, the input capacitance 50 nF (which is naturally not fitted in the filter) of the ADSL modem is shown first as seen from the direction of the line. It has been presumed in the design that a twisted pair cable of a length of 3 km wherein the thickness of a single copper wire is 0.4 mm is used in the subscriber connection. Such a wire thickness is the most common in European telephone networks. The component values of the reference impedance Z_{ref} simulating the subscriber station were: $R_{11}=270\Omega$, $R_{12}=750\Omega$ and $C_{11}=150\text{nF}$. Said dimensioning will in the presumed environment give the result that the subscriber will not be able to hear any weakening when the splitter is added to the subscriber line. Thus, from the point of the subscriber the service implemented can in practice have as high a quality as that implemented with two GIC blocks, but the above drawbacks associated with the implementation with two GIC blocks can be eliminated.

Even though the invention has been explained in the foregoing with reference to examples in accordance with the accompanying drawings, it is obvious that the invention is not restricted thereto, but it can be modified within the scope of the inventive idea set forth above and in the appended claims. As stated previously, for example the GIC block may be of any known type. Such blocks have been disclosed for example in the European patent publication referred to above. It is true, however, that the practical drawbacks of a current GIC (Figure 7 in the European publication) include a high surface area consumption (possible ring tone problem) and the fact that the symmetry

problem will not be entirely eliminated otherwise than by the earth floating described above.

Claims

1. A method for implementing narrowband and broadband services on a transmission link (SL) of a telecommunications network, having a frequency-dependent characteristic impedance, the method comprising the steps of

- transferring signals belonging to a narrowband service in a first frequency range below a given threshold frequency and signals belonging to a broadband service in a second frequency range above said threshold frequency in the transmission link,
 - connecting a splitter element (PS1, PS2) to the transmission link, the splitter element comprising a passive low-pass filter block (72) connected between the transmission link and a first interface (I1) and a high-pass filter unit (HPF) connected between the transmission link and a second interface (I2), signals relating to narrowband service being separated to the first interface by means of the low-pass filter block and signals relating to broadband service being separated to the second interface by the high-pass filter unit, and discrete impedance converting means (71) for adapting the first interface to the characteristic impedance of the transmission link,
- characterized by
- placing the impedance converting means entirely between the interface of the low-pass filter block (72) on the transmission link side and said first interface.

2. A method as claimed in claim 1, characterized by constructing a discrete converting block (71) from the converting means and fitting said block between the first interface and the low-pass filter block.

3. A method as claimed in claim 2, characterized by implementing the low-pass filter block as an LC network (72) having only inductances and capacitances, said network comprising at least one longitudinal inductance relative to the subscriber line and at least one transverse capacitance relative to the subscriber line.

4. A method as claimed in claim 2, characterized in that the low-pass filter block is implemented as an LC network (72) having inductances and capacitances, and that part of the impedance converting means is implemented by adding at least one resistor element (RL1', RL1", RL2', RL2") to said network.

5. A splitter element in a telecommunications system for separating signals transferred in different frequency ranges, said splitter element comprising

5 - a line port (P) connected to a transmission link (SL) having a frequency-dependent characteristic impedance,

- a low-pass filter block (72) connected between the line port and a first interface (I1), said first interface being intended for signals transferred in a lower frequency range,

10 - a high-pass filter unit (HPF) connected between the line port and a second interface (I2), said second interface being intended for signals transferred in a higher frequency range, and

- discrete impedance converting means (71) for adapting the first interface to the characteristic impedance of the transmission link,

c h a r a c t e r i z e d i n t h a t

15 the impedance converting means are fitted entirely between the interface of the low-pass filter block on the transmission link side and said first interface.

6. A splitter element as claimed in claim 5, c h a r a c t e r i z e d i n that the impedance converting means comprise a discrete conversion block
20 (71) fitted between the first interface and the low-pass filter block.

7. A splitter element as claimed in claim 6, c h a r a c t e r i z e d i n that the low-pass filter block comprises a network (72) having only inductances and capacitances, comprising at least one longitudinal inductance relative to the subscriber line and at least one transverse capacitance relative to the sub-
25 scriber line.

8. A splitter element as claimed in claim 6, c h a r a c t e r i z e d i n that the low-pass filter block comprises a network (72) having only inductances and capacitances, comprising at least one longitudinal inductance relative to the subscriber line and at least one transverse capacitance relative to the sub-
30 scriber line, and that the impedance converting means further comprise at least one resistor element (RL1', RL1'', RL2', RL2'') fitted to the network.

1/5

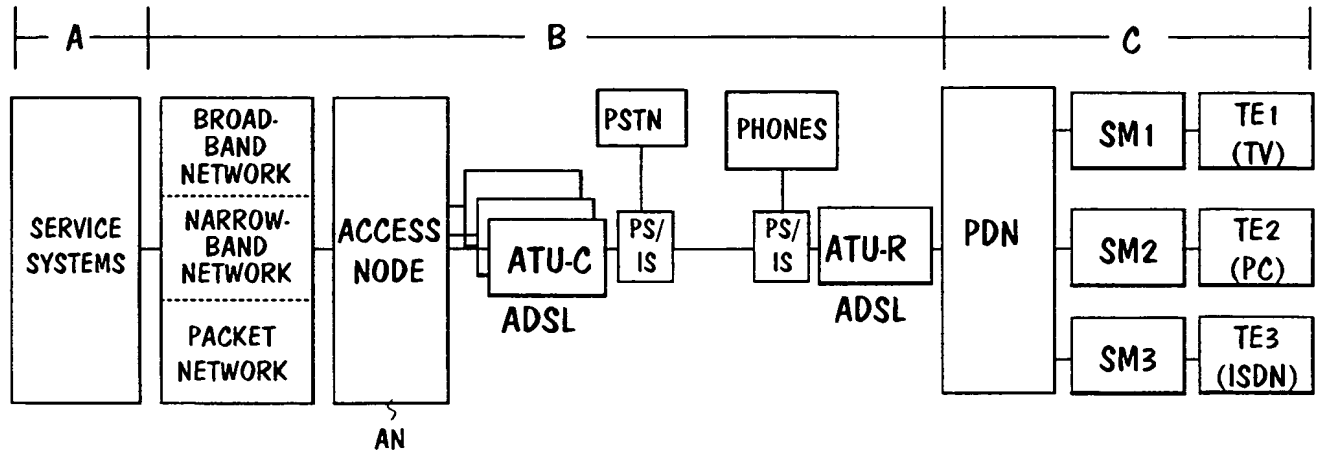


FIG. 1

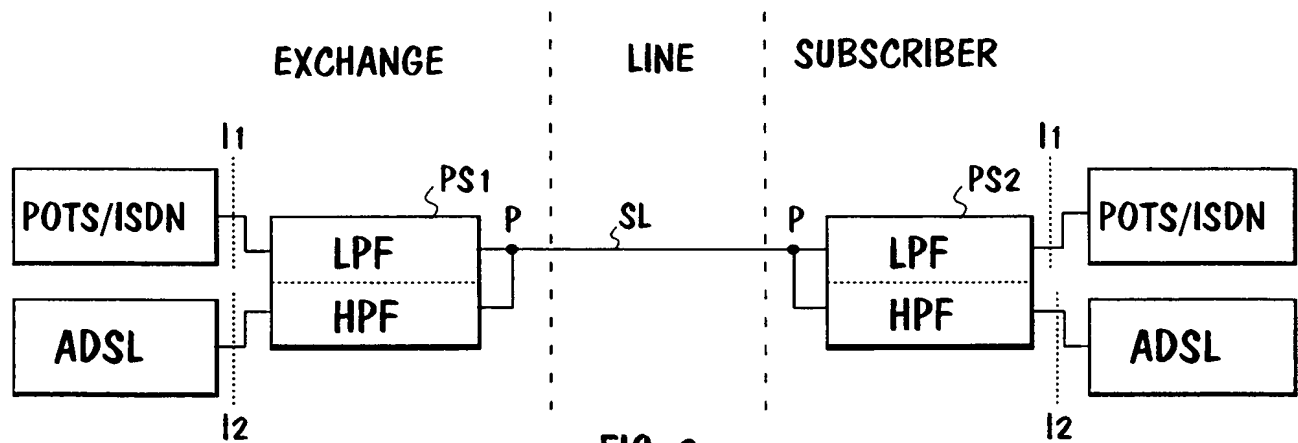


FIG. 2

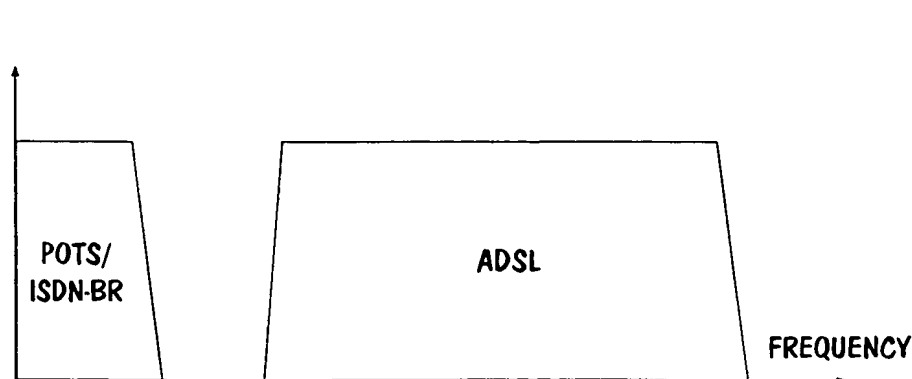


FIG. 3

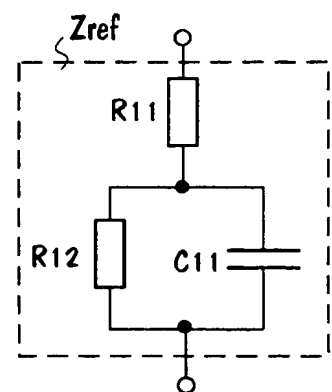


FIG. 4

2/5

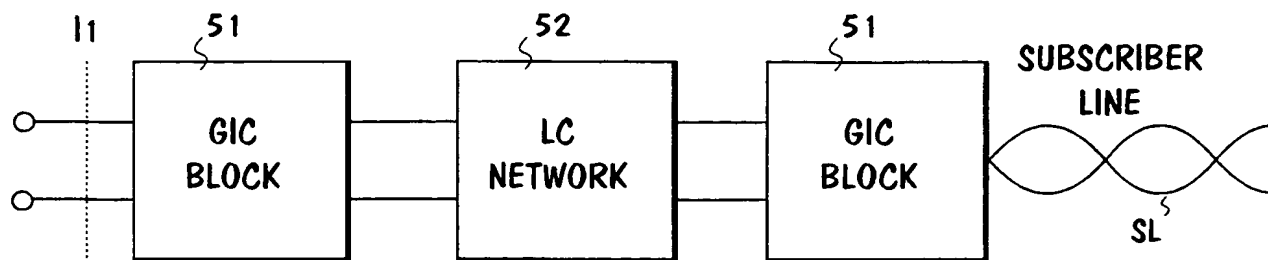


FIG. 5

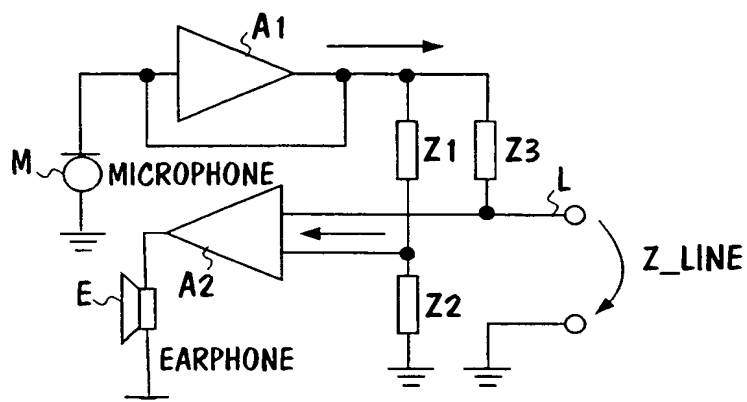


FIG. 6

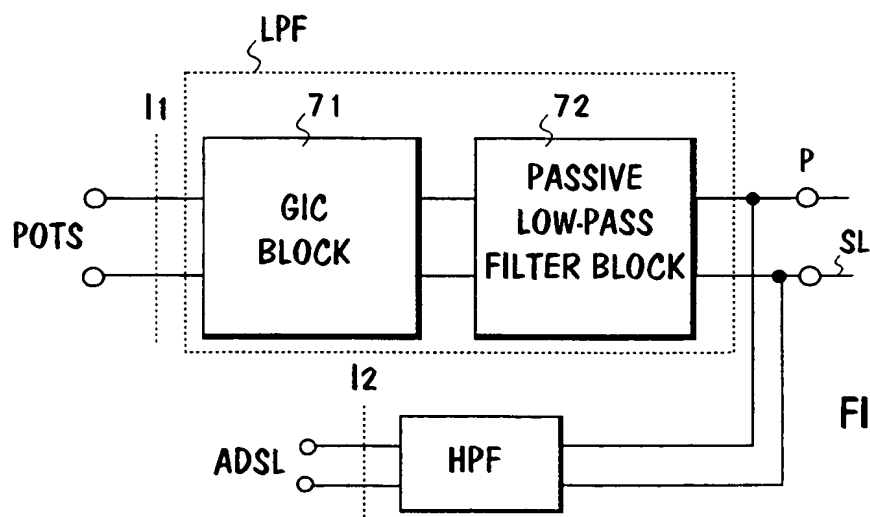


FIG. 7

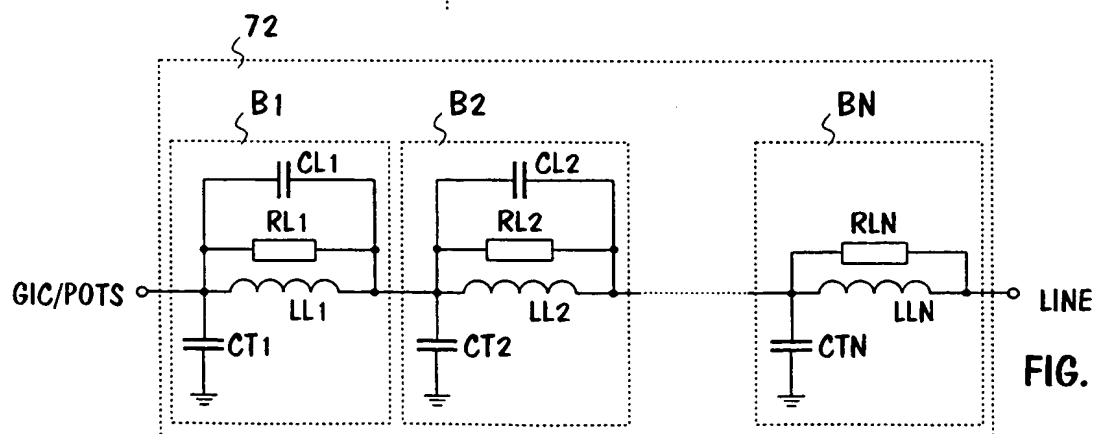
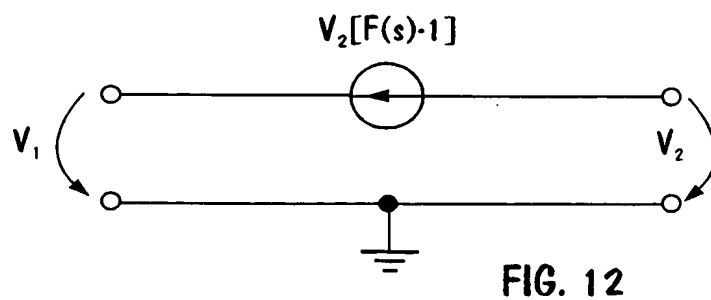
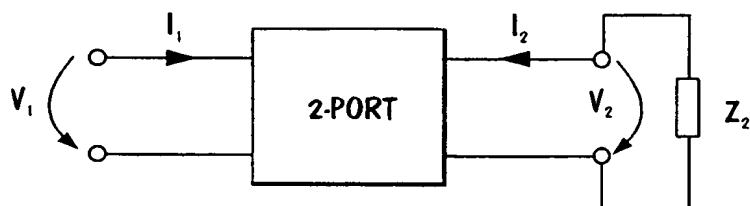
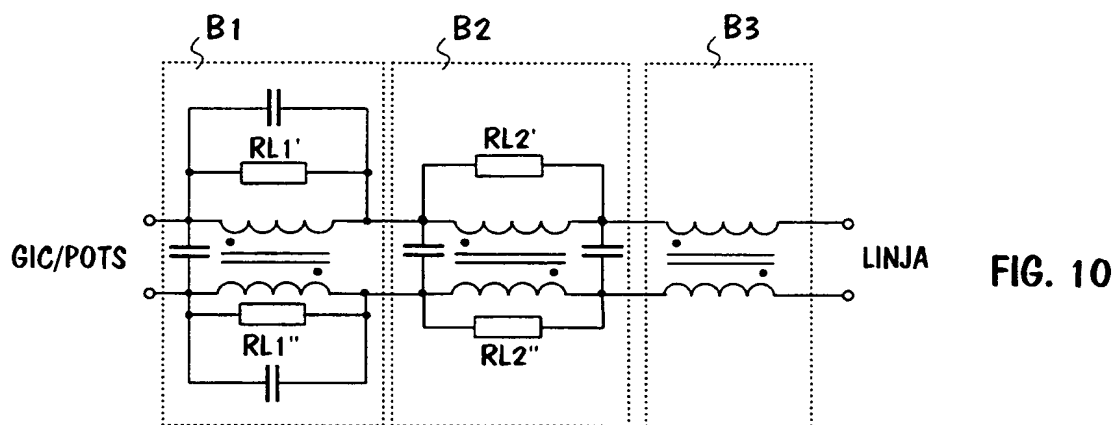
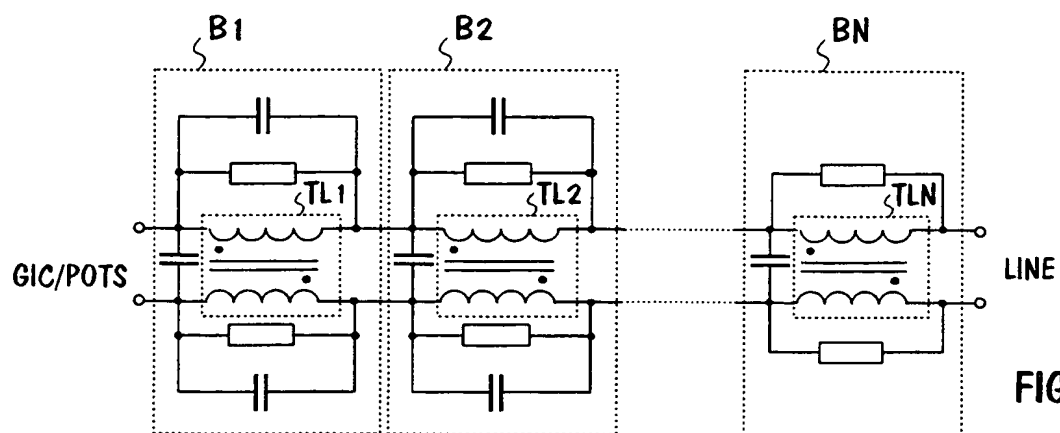


FIG. 8



4/5

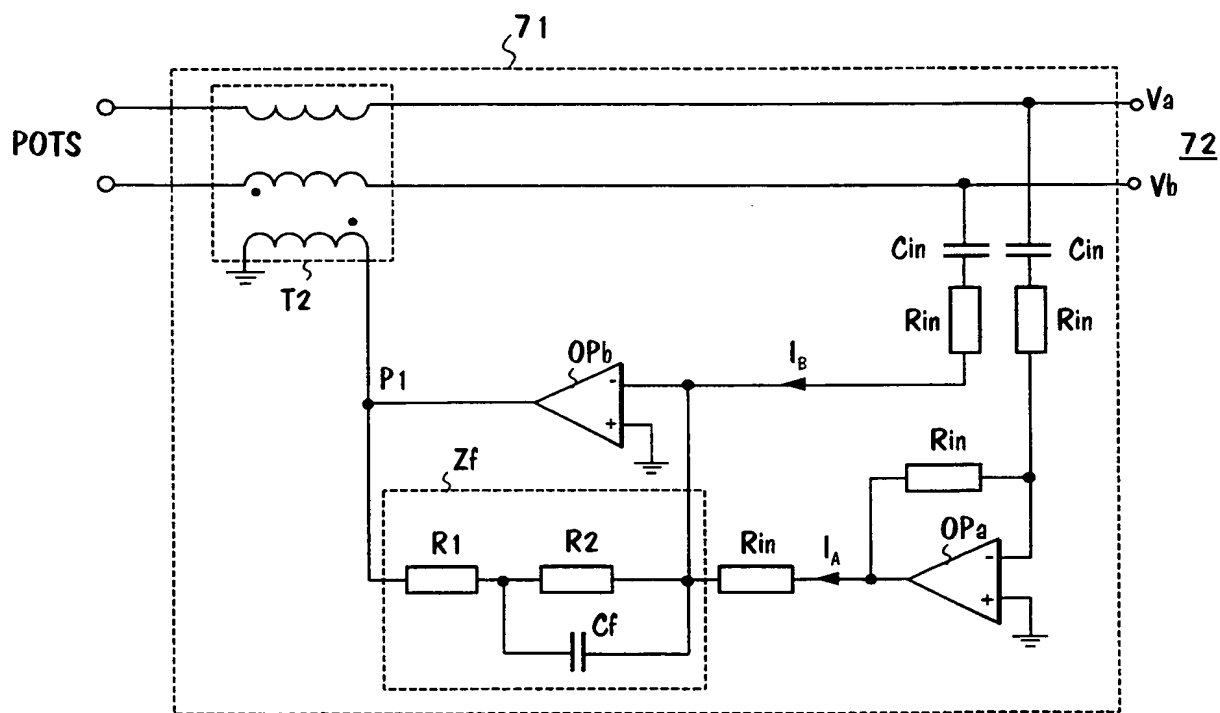
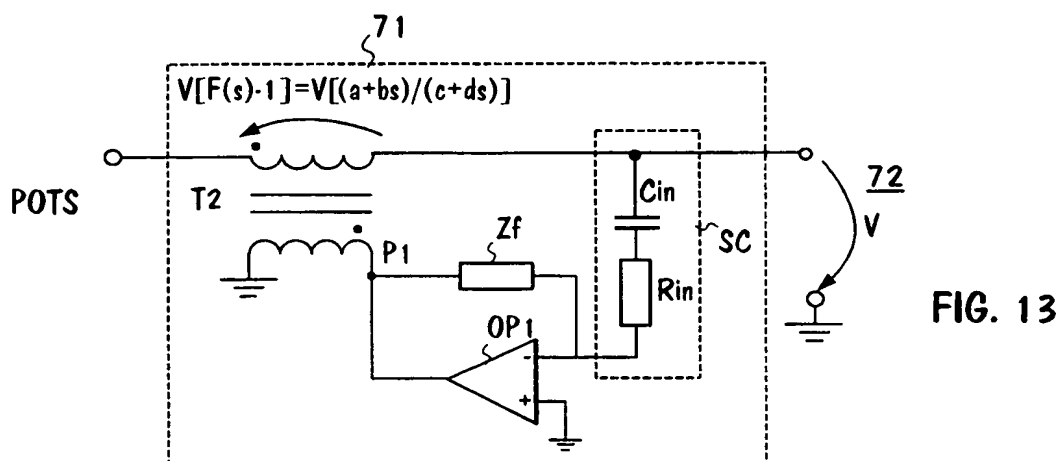


FIG. 14

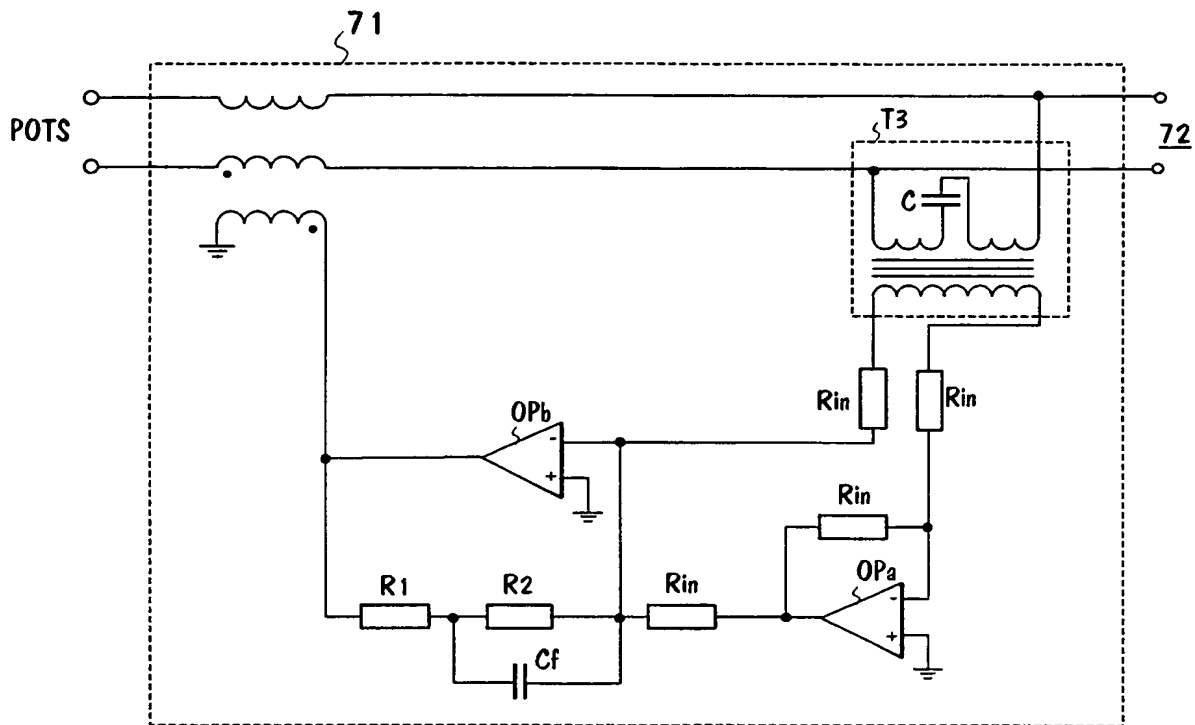


FIG. 15

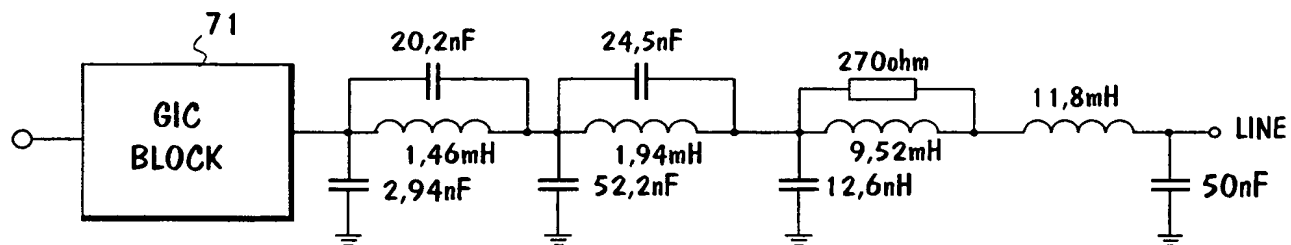


FIG. 16a

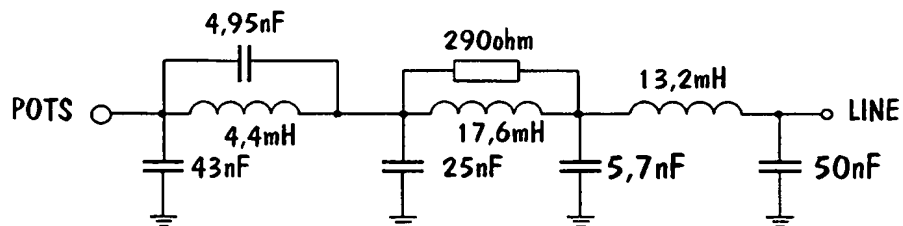


FIG. 16b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FI 00/00112

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC7: H03H 11/40, H04M 11/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC7: H03H, H04M, H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Volume 13, No 9, December 1995, John Cook et al., "ADSL and VADSL Splitter Design and Telephony Performance", see page 1637, right-hand column, line 15 - page 1642, left-hand column, line 20 --	1-8
X	US 5623543 A (J.W: COOK), 22 April 1997 (22.04.97), column 2, line 28 - line 59; column 4, line 19 - line 62 --	1-8
A	EP 0677938 A1 (BELL TELEPHONE MANUFACTURING COMPANY), 18 October 1995 (18.10.95), column 2, line 75 - column 5, line 9 -----	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 May 2000

Date of mailing of the international search report

19 -05- 2000

Name and mailing address of the ISA/

Swedish Patent Office

Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM

Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer

Antonio Farieta/AE

Telephone No. +46 8 782 25 00

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

02/12/99

International application No.

PCT/FI 00/00112

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5623543 A	22/04/97	AU 694477 B AU 1542195 A CA 2182383 A CN 1139996 A DE 69505103 D,T EP 0742972 A,B SE 0742972 T3 ES 2123956 T JP 9509798 T NZ 278932 A WO 9521488 A	23/07/98 21/08/95 10/08/95 08/01/97 15/04/99 20/11/96 16/01/99 30/09/97 24/06/97 10/08/95
EP 0677938 A1	18/10/95	AU 695672 B AU 1620795 A CA 2147091 A NZ 270834 A US 5627501 A	20/08/98 26/10/95 15/10/95 29/01/97 06/05/97

RECORD COPY

1/4

PCT REQUEST

Original (for SUBMISSION) - printed on 14.02.2000 02:40:06 PM

P00231PCT

0	For receiving Office use only	
0-1	International Application No.	PCT/FI 00 / 00112
0-2	International Filing Date	15 FEB 2000 (15-02-2000)
0-3	Name of receiving Office and "PCT International Application"	The Finnish Patent Office PCT International Application
0-4	Form - PCT/RO/101 PCT Request Prepared using	PCT-EASY Version 2.90 (updated 15.12.1999)
0-5	Petition The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty	
0-6	Receiving Office (specified by the applicant)	National Board of Patents and Registration (Finland) (RO/FI)
0-7	Applicant's or agent's file reference	P00231PCT
I	Title of invention	MULTIPLEXING AND DEMULTIPLEXING OF NARROWBAND AND BROADBAND SERVICES IN A TRANSMISSION CONNECTION
II	Applicant	
II-1	This person is:	applicant only
II-2	Applicant for	all designated States except US
II-4	Name	NOKIA NETWORKS OY
II-5	Address:	Keilalahdentie 4 FIN-02150 Espoo Finland
II-6	State of nationality	FI
II-7	State of residence	FI
II-8	Telephone No.	+358-9-1807469
II-9	Facsimile No.	+358-9-1807496
III-1	Applicant and/or inventor	
III-1-1	This person is:	applicant and inventor
III-1-2	Applicant for	US only
III-1-4	Name (LAST, First)	ELO, Harri
III-1-5	Address:	Kaivonkatsojantie 5 A 2 FIN-00980 Helsinki Finland
III-1-6	State of nationality	FI
III-1-7	State of residence	FI

PCT REQUEST

P00231PCT


Original (for SUBMISSION) - printed on 14.02.2000 02:40:06 PM

IV-1	Agent or common representative; or address for correspondence The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:	agent
IV-1-1	Name	PATENT AGENCY COMPATENT LTD.
IV-1-2	Address:	Pitkäsillanranta 3 B FIN-00530 Helsinki Finland
IV-1-3	Telephone No.	+358-9-47809411
IV-1-4	Facsimile No.	+358-9-47801305
IV-1-5	e-mail	cpt@compatent.com
V	Designation of States	
V-1	Regional Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	AP: GH GM KE LS MW SD SL SZ TZ UG ZW and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT EA: AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT OA: BF BJ CF CG CI CM GA GN GW ML MR NE SN TD TG and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT
V-2	National Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	AE AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY CA CH&LI CN CR CU CZ DE DK DM EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM TR TT TZ UA UG US UZ VN YU ZA ZW

PCT REQUEST

P00231PCT

Original (for SUBMISSION) - printed on 14.02.2000 02:40:06 PM

V-5	Precautionary Designation Statement In addition to the designations made under items V-1, V-2 and V-3, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) of the State(s) indicated under item V-6 below. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit.		
V-6	Exclusion(s) from precautionary designations	NONE	
VI-1	Priority claim of earlier national application		
VI-1-1	Filing date	15 February 1999 (15.02.1999)	
VI-1-2	Number	990308	
VI-1-3	Country	FI	
VI-2	Priority document request The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) identified above as item(s):	VI-1	
VII-1	International Searching Authority Chosen	Swedish Patent Office (ISA/SE)	
VIII	Check list	number of sheets	electronic file(s) attached
VIII-1	Request	4	-
VIII-2	Description	13	-
VIII-3	Claims	2	-
VIII-4	Abstract	1	p00231pct_(tii).txt
VIII-5	Drawings	5	-
VIII-7	TOTAL	25	
	Accompanying items	paper document(s) attached	electronic file(s) attached
VIII-8	Fee calculation sheet	✓	-
VIII-9	Separate signed power of attorney	✓	-
VIII-10	Copy of general power of attorney	✓	-
VIII-16	PCT-EASY diskette	-	diskette
VIII-18	Figure of the drawings which should accompany the abstract	7	
VIII-19	Language of filing of the international application	Finnish	
IX-1	Signature of applicant or agent		
IX-1-1	Name	PATENT AGENCY COMPATENT LTD.	
IX-1-2	Name of signatory	Antti-Jussi Savela	
IX-1-3	Capacity	Patent Agent	

PCT REQUEST

P00231PCT

Original (for SUBMISSION) - printed on 14.02.2000 02:40:06 PM

FOR RECEIVING OFFICE USE ONLY

10-1	Date of actual receipt of the purported international application	(1999-02-2000) 15 FEB 2000
10-2	Drawings:	
10-2-1	Received	
10-2-2	Not received	
10-3	Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application	
10-4	Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2)	
10-5	International Searching Authority	ISA/SE
10-6	Transmittal of search copy delayed until search fee is paid	

FOR INTERNATIONAL BUREAU USE ONLY

11-1	Date of receipt of the record copy by the International Bureau	08 MARCH 2000 J. O. 03. 00
------	--	----------------------------

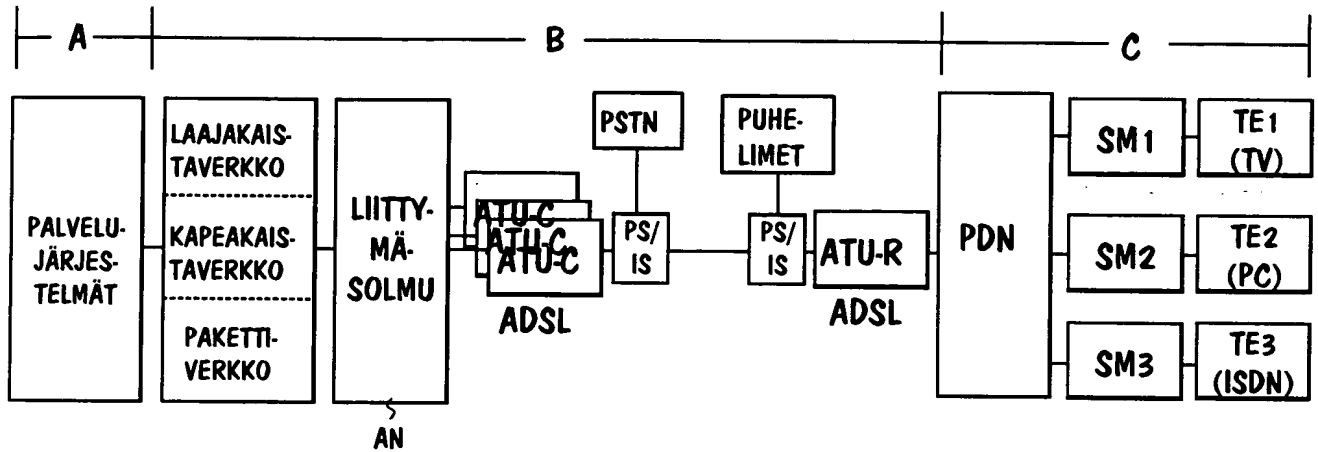


FIG. 1

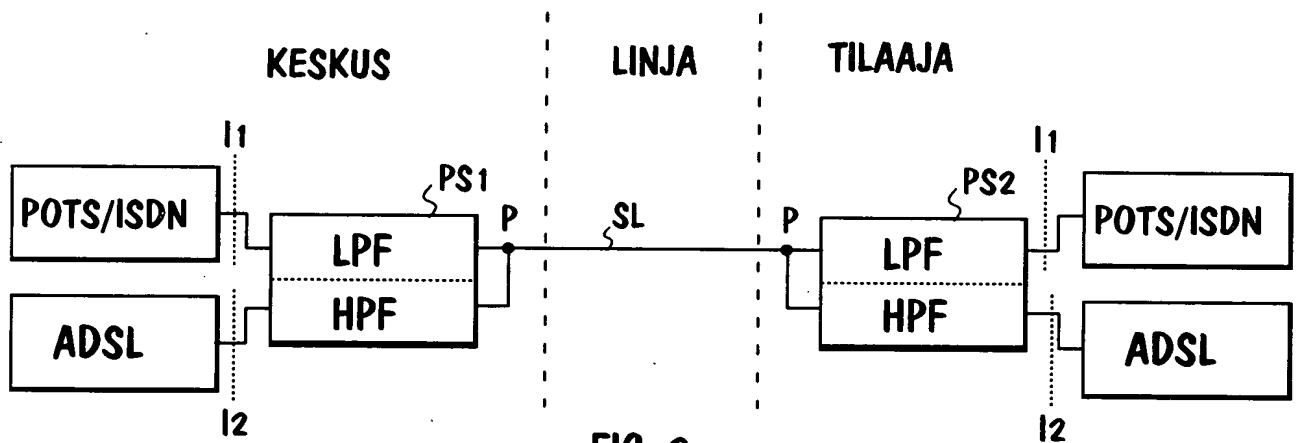


FIG. 2

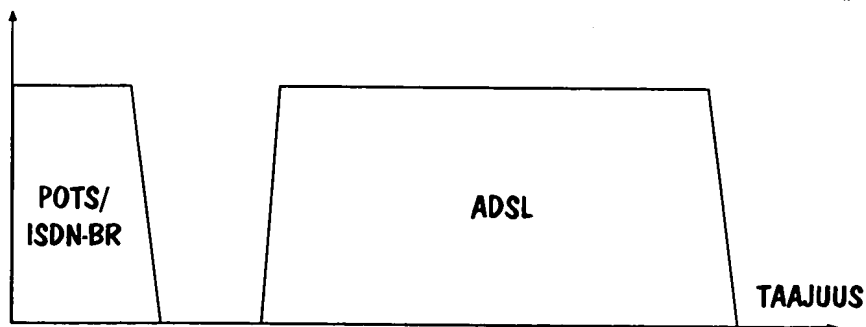


FIG. 3

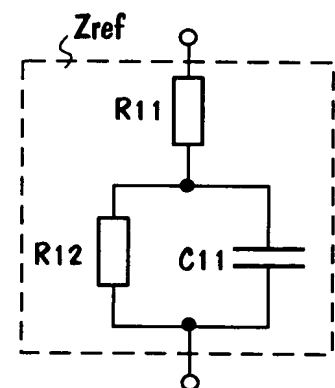


FIG. 4

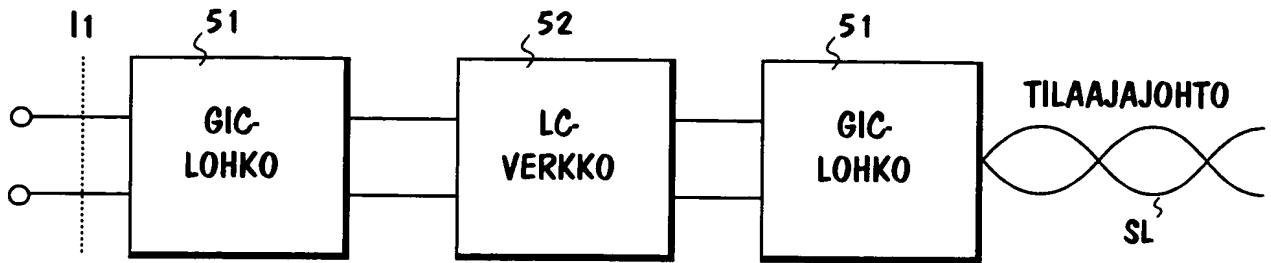


FIG. 5

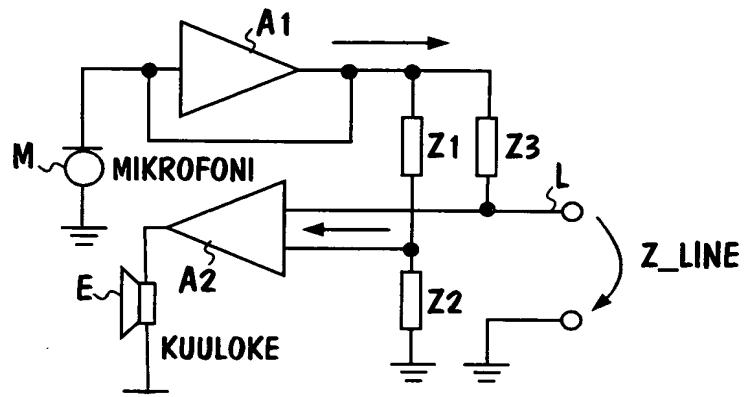


FIG. 6

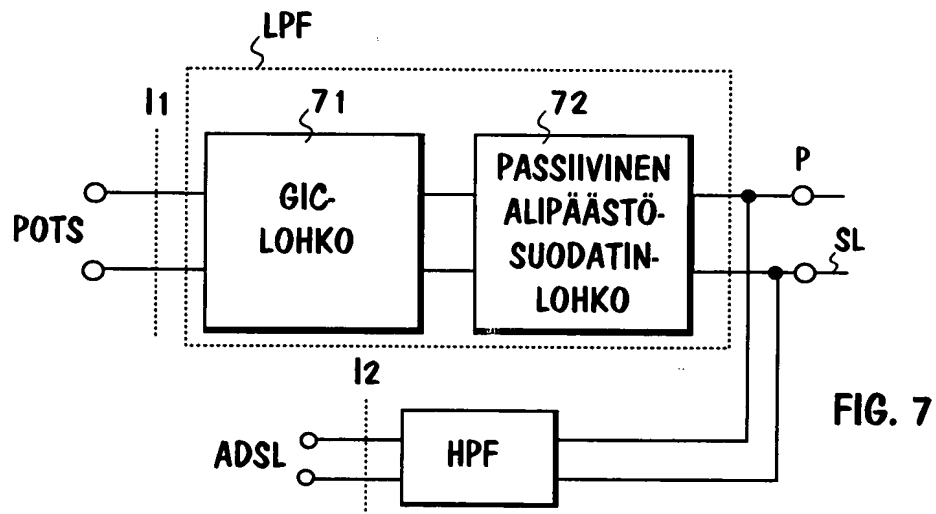


FIG. 7

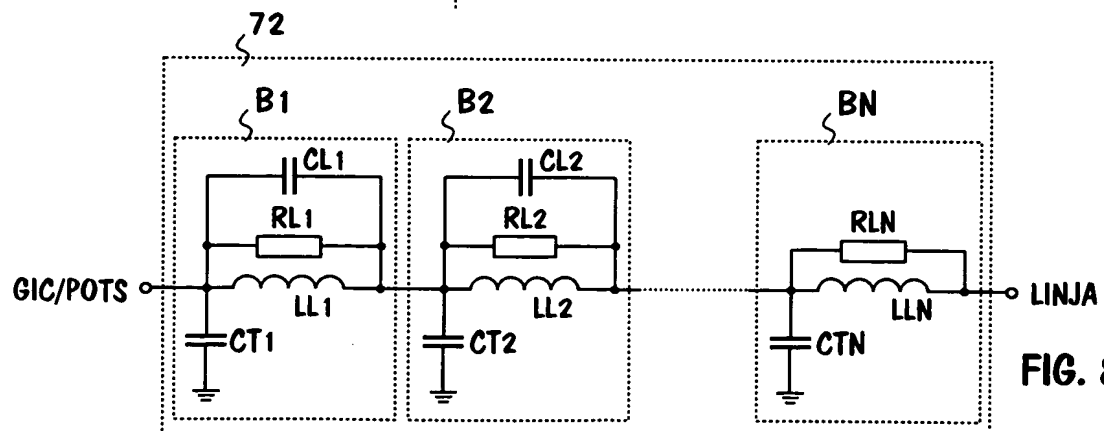
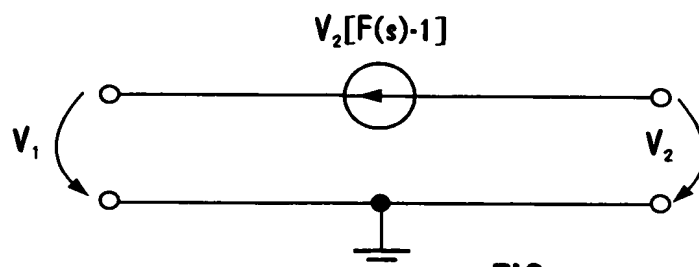
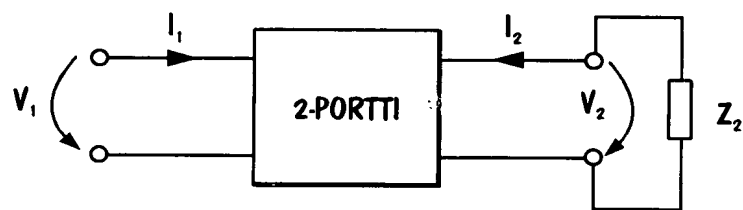
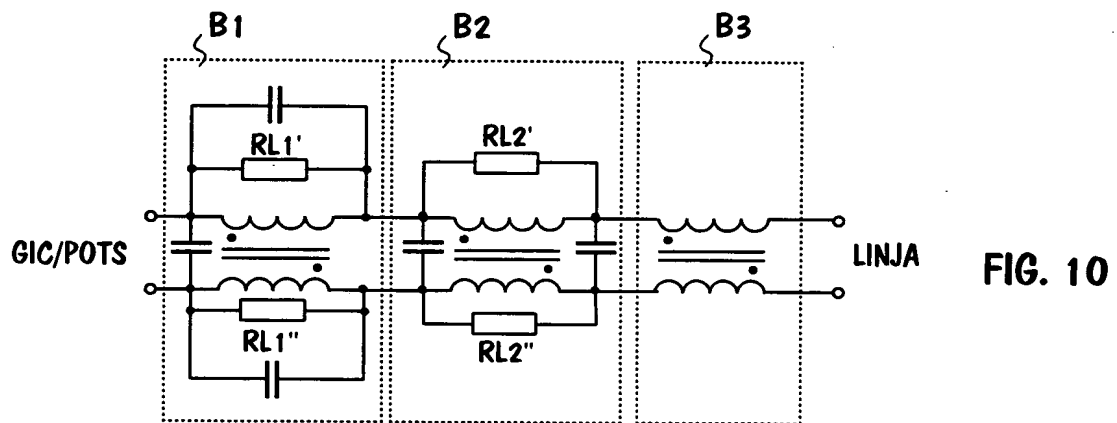
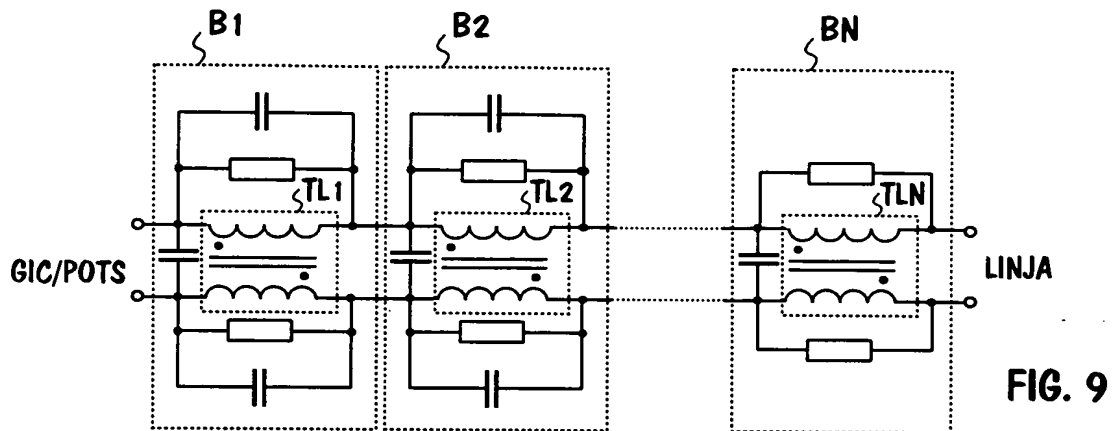


FIG. 8

3/5



4/5

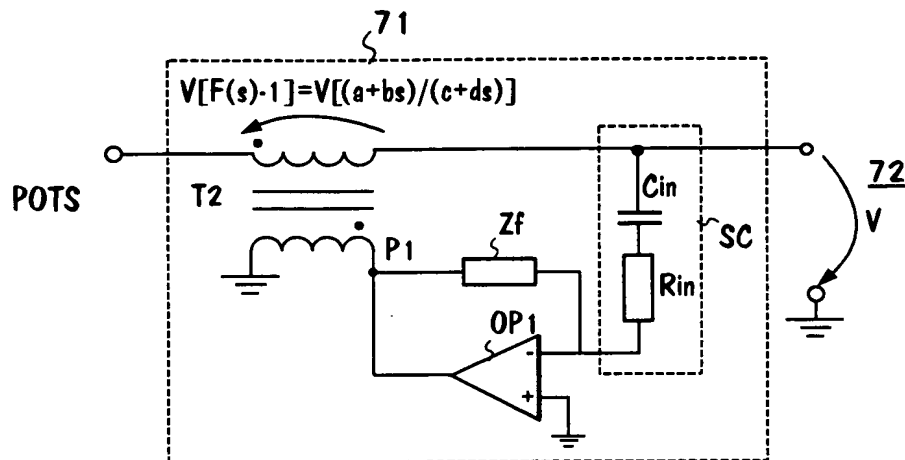


FIG. 13

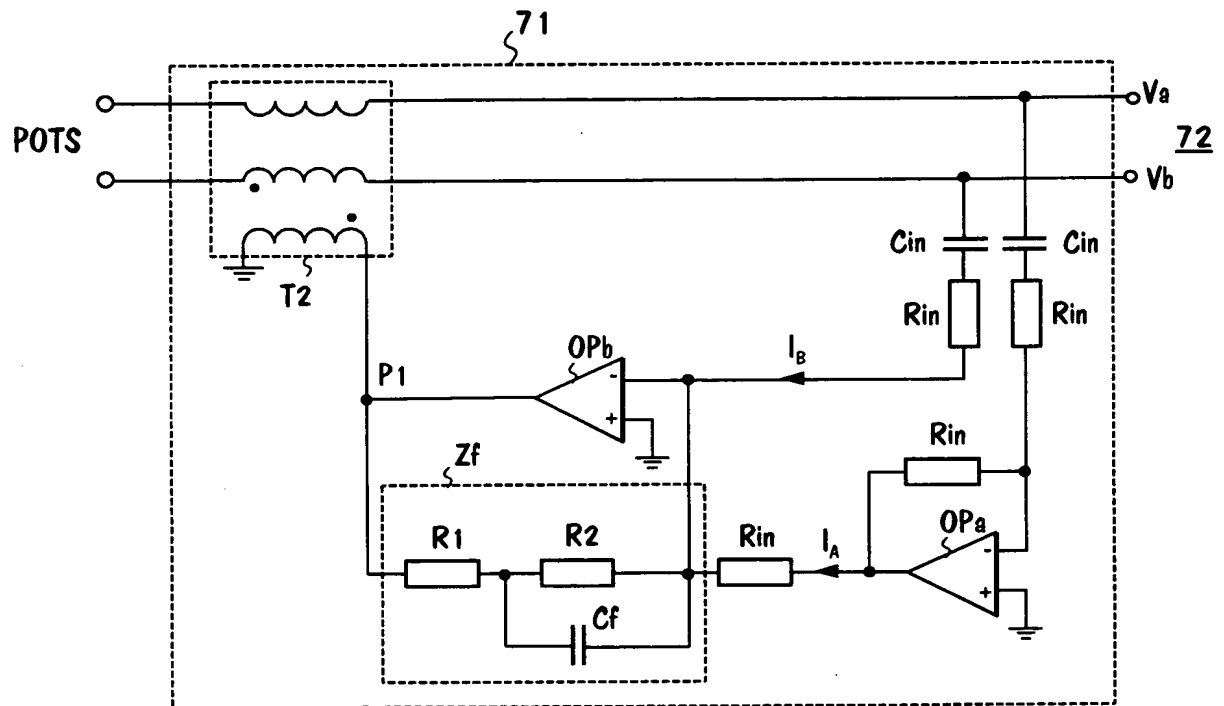


FIG. 14

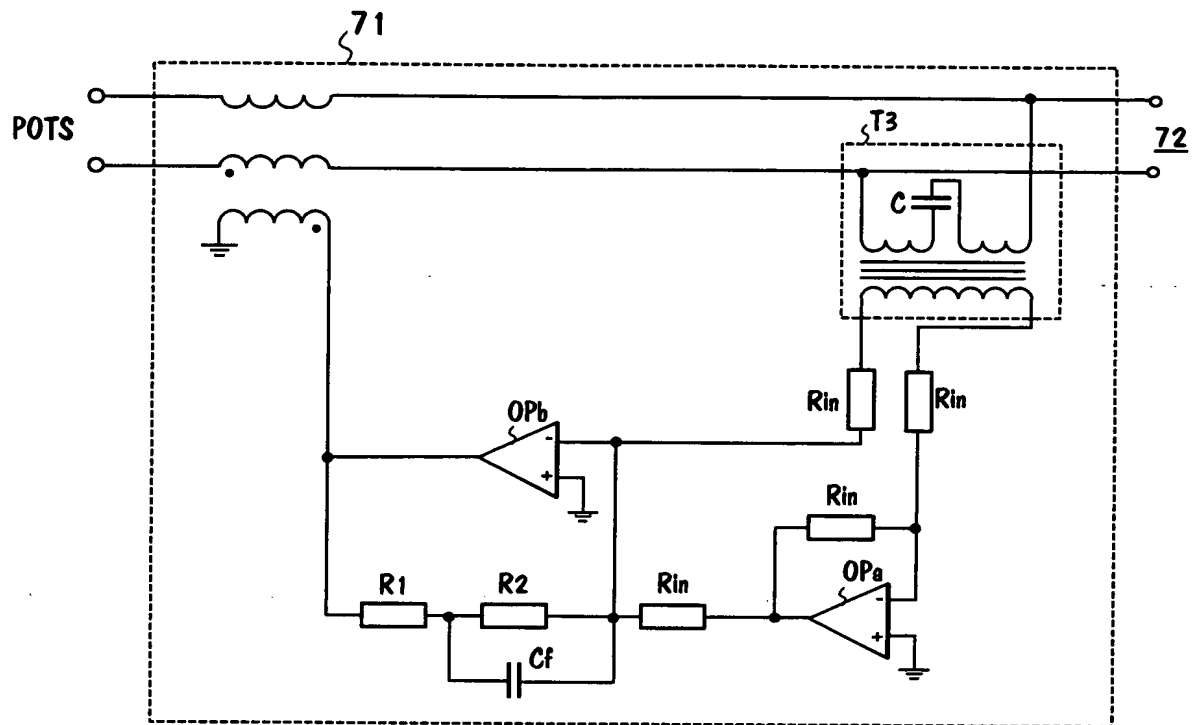


FIG. 15

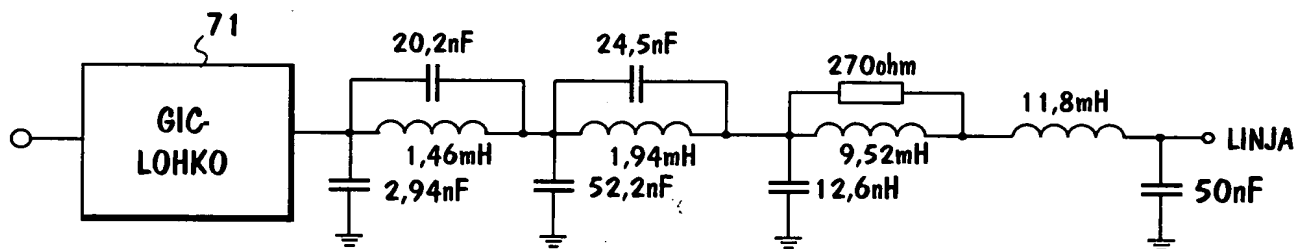


FIG. 16a

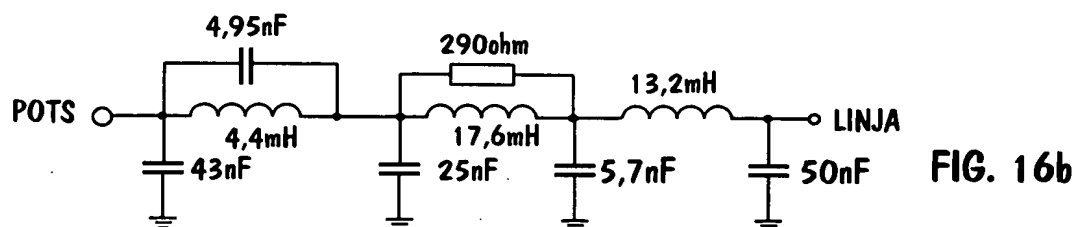


FIG. 16b

Kapea- ja laajakaistaisten palvelujen erotus siirtoyhteydellä

Keksinnön ala

- 5 Keksintö liittyy yleisesti sellaisen siirtoyhteyden toteuttamiseen, jonka kautta tarjotaan sekä kapea- että laajakaistaisia palveluja. Tarkemmin sanotuna keksintö koskee kapeakaistaisten POTS/ISDN-palvelujen erottamista laajakaistapalveluista, erityisesti ADSL-tekniologian (Asymmetrical Digital Subscriber Line) avulla toteutetuista laajakaistapalveluista. Kapeakaistaisilla palveluilla tarkoitetaan tässä yhteydessä niitä palveluja, jotka tarjotaan taajuus-
10 alueella, joka on ADSL-kaistan alapuolella.

Keksinnön tausta

- Optinen kuitu on itsestään selvä valinta runkoverkon siirtomediaksi, koska runkoyhteyksillä on yleensä tarvetta suureen siirtokapasiteettiin, käytetyt
15 siirtoetäisyydet ovat pitkiä, ja kaapeleille löytyy usein valmiita reittejä. Tilaaja-yhteyksilläkin (paikalliskeskuksen ja tilaajan välinen linja) tilanne on nopeasti muuttumassa, koska erilaiset multimedialla toteutetut palvelut, jotka vaativat suurta siirtonopeutta, tulevat olemaan arkipäivää myös yksityisen kuluttajan kannalta.

- 20 Tulevaisuuden laajakaistaisia palveluja tarjoavan verkon rakennuskustannuksiin ei kuitenkaan ole odotettavissa merkittäviä säästöjä, koska kustannukset syntyvät pääasiassa kaapelin asennuskustannuksista. Optista kuitua haluttaisiin kuitenkin rakentaa myös tilaajaverkon puolelle mahdollisimman paljon, koska on selvästi nähtävissä, että sitä tarvitaan tulevaisuudessa.
25 Tilaajaverkon uusimisen kustannukset ovat kuitenkin erittäin suuret, ja ajallisesti puhutaan tässä yhteydessä vuosikymmenistä. Suuret kustannukset ovatkin pahin este kuidun leviämiselle tilaajaverkon puolelle.

- Edellä mainituista syistä johtuen on ryhdytty entistä tehokkaammin selvittämään tavanomaisen tilaajajohdon (metalliparikaapelin) hyödyntämistä
30 nopeaan datasiirtoon, toisin sanoen nopeuksille, jotka ovat selvästi ISDN-perusliittymän nopeuden (144 kbit/s) yläpuolella. Nykyiset ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) ja HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line) -tekniikat tarjoavatkin uusia mahdollisuuksia nopean datan ja videon siirtämiseksi puhelinverkon parikaapelia pitkin tilaajien päätelaitteille.

ADSL-siirtoyhteys on epäsymmetrinen siten, että siirtonopeus verkosta tilaajalle päin on huomattavasti suurempi kuin tilaajalta verkkoon päin. ADSL-tekniikka on tarkoitettu pääasiassa erilaisille tilauspalveluille (ns. "on demand" -palvelut). Käytännössä on ADSL-siirtoyhteyden nopeus verkosta tilaajalle päin luokkaa 2 - 6 Mbit/s ja tilaajalta verkkoon päin luokkaa 32 - 640 kbit/s (pelkkä ohjauskanava). (ADSL-linjan datanopeus on aina $n \times 32$ kbit/s, missä n on kokonaisluku.)

HDSL-siirtotekniikka koskee 2 Mbit/s-tasoisien digitaalisen signaalin siirtämistä metalliparikaapelissa. HDSL edustaa symmetristä tekniikkaa, toisin sanoen siirtonopeus on sama kumpaankin suuntaan.

Koska edellä mainituilla ratkaisuilla päästään vain nopeuksille, jotka ovat luokkaa 1 - 6 Mbit/s, on tilaajajohdon parikaapeliin haettu myös tekniikkaa, joka mahdollistaisi ATM-tasoiset nopeudet (10 - 55 Mbit/s). Kansainvälinen standardointijärjestö ETSI (European Telecommunications Standards Institute) onkin tekemässä spesifikaatiota VDSL-laitteista (Very high data rate Digital Subscriber Line), joilla tällaiset nopeudet mahdollistetaan. VDSL-tekniikalla voidaan toteuttaa sekä symmetrisiä että asymmetrisiä yhteyksiä.

Edellä mainittuja teknologioita, joilla siirretään nopeaa dataa parikaapelin kautta kutsutaan yhteisellä lyhenteellä xDSL. Vaikka siis vielä ei olekaan mahdollista tarjota loppukäyttäjille laajakaistaisia palveluja optisen kuidun avulla, näiden tekniikoiden avulla nykyiset puhelinoperaattorit pystyvät tarjoamaan kyseisiä palveluja olemassa olevien tilaajajohtojen kautta.

Koska ADSL näyttää tällä hetkellä lupaavimmalta tekniikalta laajakaistaisen palvelujen toteuttamiseksi, käytetään sitä esimerkkinä siitä liittymätekniikasta, jonka avulla palvelut tarjotaan.

ADSL Forum on määritellyt yleisen xDSL-yhteyksiä koskevan verkkomallin, jota on havainnollistettu kuviossa 1. Laite, joka kytkeytyy tilaajajohdolle tilaajan päässä on nimeltään ATU-R (ADSL Transmission Unit - Remote) ja laite, joka kytkeytyy tilaajajohdolle verkon päässä (esim. paikalliskeskuksessa) on nimeltään ATU-C (ADSL Transmission Unit - Central). Näitä laitteita kutsutaan myös ADSL-modeemeiksi (tai ADSL-lähetinvastaanottimiksi; ADSL-transceiver) ja ne muodostavat väliinsä ADSL-linkin. ADSL-yhteyden nopea data yhdistetään tilaajajohdolle niin, että tilaaja voi edelleen käyttää vanhoja kapeakaistaisia POTS/ISDN-palveluja, mutta sen lisäksi hänellä on käytettävissään nopea datayhteys. Periaatteessa on olemassa kaksi tapaa multiplek-

soida POTS- ja ADSL-signaalit tai ISDN- ja ADSL-signaalit samalle tilaajajohdolle: aikamultipleksointi tai taajuusmultipleksointi. Esillä olevassa keksinnössä käytetään taajuusmultipleksointia, jolloin kapea- ja laajakaistaiset palvelut erotetaan toisistaan jakosuodattimella tai jakajalla (engl. splitter tai cross-over), joka suorittaa ADSL-signaalien ja kapeakaistaisen signaalien taajuuserot-

5 lun. Jakaja voi olla POTS/ADSL-jakaja PS tai ISDN/ADSL-jakaja IS.

Loppukäyttäjän luona olevat päätelaitteet TE voivat olla useaa eri tyyppiä, esim. kaapeli-TV-verkon päätteitä TE1, henkilökohtaisia tietokoneita TE2 tai vaikkapa ISDN-puhelimia TE3, jos käytetään aikamultipleksointia. Jo-

10 kaista päätelaitetta kohti on palvelumoduuli SM_i (i=1...3), joka suorittaa pätee-

sovitukseen liittyvät funktiot. Tällaisia palvelumoduuleja voivat käytännössä olla esim. ns. Set Top Boxit, PC-rajapinnat tai lähiverkkoreitittimet. Tilaajan ti-

loissa oleva jakeluverkko PDN (Premises Distribution Network) yhdistää ATU-

R:n palvelumoduuleihin.

15 ADSL-linkin verkon puoleisessa päässä liittymäsolmu AN (Access Node) muodostaa kapeakaistaisen ja laajakaistaisen datan keskityspisteen, jossa keskitetään erilaisista palvelujärjestelmistä erilaisten verkkojen kautta tuleva liikenne. Liittymäsolmu sijaitsee esim. puhelinverkon keskuksessa.

Kuviossa 1 on viitemerkillä A merkitty yksityisen verkon osuutta, viite-

20 merkillä B julkisen verkon osuutta ja viitemerkillä C tilaajan tiloissa olevaa verkkoa (puhelimet ovat luonnollisestikin tilaajan luona).

Edellä esitettiin yleinen xDSL-yhteyksiä koskeva verkkomalli keksin-

nön yleisen ympäristön kuvaamiseksi. Koska keksintö liittyy varsinaisen ADSL-

linkin osuuteen, joka sijaitsee joko paikalliskeskuksen ja tilaajan välissä tai ka-

25 dunvarsikaapin ja tilaajan välissä, kuvataan jatkossa tarkemmin vain tätä ADSL-modeemien välistä osuutta.

Kuten edellä mainittiin, POTS- (Plain Old Telephone Service) ja ADSL-palvelut voidaan taajuusmultipleksoida samalle johdinparille jakajan avulla. Kuviossa 2 on havainnollistettu POTS- ja ADSL-palveluiden kesken

30 jaettua tilaajajohtoa, jota on merkitty viitemerkillä SL. Käytännössä jakaja (PS1 tai PS2) sisältää kaksi suodatinyksikköä: alipäästösuodatinyksikkö LPF estää ADSL-kaistan (25 kHz...1,1 MHz) signaalien pääsyn POTS-liitäntään I1 ja yli-

päästösuodatinyksikkö HPF estää POTS-kaistan (0 Hz...4 kHz) signaalien pääsyn ADSL-liitäntään I2. Yhteyden taajuusjako on siis kuviossa 3 esitetyn

35 kaltainen: matalilla taajuuksilla siirretään POTS- tai ISDN-palveluihin liittyvät

signaalit ja suuremmilla taajuuksilla ADSL-signaalit. Jakajassa on linjaportti (P), joka on kytketty tilaajajohdolle. Alipäästösuoatinyksikkö on kytketty linjaportin ja POTS-liitännän I1 väliin ja ylipäästösuoatinyksikkö HPF linjaportin ja ADSL-liitännän I2 väliin.

- 5 Teleoperaattorit määrittelevät suodattimien hyvyyden ns. referenssi-impedanssin avulla, joka määritellään siten, että se vastaa mahdollisimman hyvin tilaajayhteyden todellista impedanssia. Kuviossa 4 on esitetty tyypillistä operaattorien käyttämää referenssi-impedanssia Z_{ref} , joka käsittää vastuksen (R11), jonka perään on kytketty vastuksen (R12) ja kondensaattorin (C11) rinnankytkentä. Osa operaattoreista määrittelee referenssi-impedanssin reaalisena ($R11 = C11 = 0$), mutta yleisessä tapauksessa referenssi-impedanssi on kuitenkin kompleksinen. Suodattimen tulee tarjota riittävän hyvä impedanssisovitus referenssi-impedanssiin äänikaistalla. Täydellinen impedanssisovitus saavutetaan silloin, kun generaattorin lähtöimpedanssi yhtyy kuormaimpedanssiin. Operaattorit arvioivat suodatinyksikköjen hyvyyttä syöttämällä referenssi-impedanssin suuruiseen kuormaimpedanssiin signaalia generaattorilla, jonka lähtöimpedanssi on myös referenssi-impedanssin suuruinen. Kuormaimpedanssia katsotaan suodattimen läpi. Tällöin tehollinen kuormaimpedanssi poikkeaa referenssi-impedanssista, sillä suodatinyksikkö ei voi olla koskaan täysin läpinäkyvä. Impedanssisovitusta koskevaa kansainvälistä standardia ei ole olemassa, vaan kullakin operaattorilla on omat kvantitatiiviset mittarinsa sille, mikä on riittävän hyvä impedanssisovitus.

- 25 Jakajan impedanssisovituksen on oltava mahdollisimman hyvä kummassakin suunnassa eli kummassakaan suunnassa ei saa syntyä liikaa heijastuksia. Käytännössä tällainen suodatinyksikkö voidaan toteuttaa passiivisena LC-verkkona (eli kytkentänä, joka koostuu keloista ja kondensaattoreista). Ylipäästösuoatattimen tapauksessa LC-toteutus lieneekin ainoa varteenotettava vaihtoehto. Alipäästösuoatattimen tapauksessa tähän toteutustapaan liittyy kuitenkin merkittäviä ongelmia, joita kuvataan seuraavassa.

- 30 Passiivinen alipäästösuoatatin kuormittaa sekä tilaajajohtoa että POTS-liitäntää tuloimpedanssillaan. Tämän impedanssin tulisi olla mahdollisimman tarkkaan sama kuin tilaajajohdon ja POTS-liitännän impedanssi ennen jakajan asennusta, koska tällöin jakaja ei heikennä POTS-liitännän sovitusta tilaajajohdolle. Passiivisen suodattimen impedanssia ei voida kuitenkaan mitoitaa muista parametreista riippumatta, vaan tavoitteena oleva siirtofunktio

sekä kuormaimpedanssi asettavat reunaehdot toteutettavissa olevalle tuloimpedanssille.

POTS- ja ADSL-palveluiden välille on lisäksi saatava riittävä eristys. Käytännössä on havaittu, että alipäästösuodattimessa tarvitaan vähintään 40 desibelin kytkentävaimennus takaamaan sen, että palvelut näyttävät tilaajan kannalta täysin eristetyiltä toisistaan. Tällaisella vaimennuksella saavutetaan myös ne kansainväliset vaatimukset, jotka asetetaan POTS-liitäntänsä mitattavien, äänikaistan ulkopuolisten signaalien maksimitasolle. Useimpien operaattorien tapauksessa ei tällöin ole kuitenkaan mahdollista saavuttaa riittävän hyvää impedanssisovitusta. Syntyvä epäsovitus pienentää kiertovaimennusta (trans-hybrid loss) keskus päässä ja sivuäänivaimennusta (sidetone masking ratio) tilaajapäässä, jolloin palvelun laatu heikkenee.

Näin ollen se karakteristinen impedanssi Z'_0 , joka nähdään, kun katsotaan tilaajajohtoa LC-suodattimen läpi, on käytännössä aina ainakin jonkin verran eri suuruinen kuin pelkän tilaajajohdon karakteristinen impedanssi Z_0 . Suodatus on kuitenkin pyrittävä suorittamaan siten, että $Z'_0 \approx Z_0$. Impedanssisovituksen toteuttamiseksi on kaksi periaatteellista vaihtoehtoa. Ensinnäkin itse suodatin voidaan toteuttaa siten, että sen tuloimpedanssi on riittävällä tarkkuudella oikea. Toinen vaihtoehto on toteuttaa suodatin siten, että sen tuloimpedanssi poikkeaa selkeästi ideaalisesta arvostaan, mutta impedanssisovitusta korjataan erillisellä korjauslohkolla. Tällaista korjauslohkoa kutsutaan nimellä GIC (Generalized Immittance Converter). Valittava toteutusvaihtoehto riippuu lähinnä teleoperaattorien vaatimusmäärittelyistä. Joidenkin teleoperaattorien vaatimusmäärittelyt edellyttävät, että impedanssisovitus tehdään erillisellä GIC-lohkolla.

GIC-lohkon käyttöön perustuvaa ratkaisua on kuvattu eurooppalaisessa patenttijulkaisussa EP-0742972-B1. Tässä julkaisussa esitetään POTS-jakaja, jossa käytetään alipäästösuodattimena passiivista suodatinta (LC-verkkoa), mutta tämän lisäksi tehdään impedanssin korjaus kaksisuuntaisesti käyttäen kahta GIC-lohkoa. Tarkemmin sanottuna, julkaisussa esitetyssä toteutuksessa on LC- ja GIC-lohkoja käytetty kuvion 5 esittämällä tavalla eli siten, että alipäästösuodattimena toimiva LC-verkko 52 on sijoitettu kahden GIC-lohkon 51 väliin. Tässä julkaisussa lähdetään siis ajatuksesta, että kummankin suunnan impedanssisovituksen saamiseksi riittävän hyväksi alipäästösuodatin on toteutettava resiprookkisena eli peilaussymmetrisenä.

GIC-lohko on kuitenkin käytännössä kallis ja suurikokoinen piiriele-
mentti, joten kahden tällaisen, keskenään oleellisesti samanlaisen piirielemen-
tin mukanaolo tekee jakajasta kalliin ja suurikokoisen sekä johtaa hankalaan
käytännön toteutukseen.

5 GIC-lohkoon on lisäksi havaittu liittyvän ainakin seuraavat epäkoh-
dat:

- Edullisessa käytännön toteutuksessa GIC-lohkon tulopiiri kytkeytyy
linjalle kapasitiivisesti ja lähtöpiiri induktiivisesti. Tällöin GIC-lohkoon liittyy
äärellinen määrä ylimenoresistanssia, josta seuraa POTS-linjan tehollisen pi-
10 tuuden kasvu offhook-tilassa.

- GIC-lohkoon liittyy myös äärellinen määrä rinnakkaisimpedanssia,
joka kuormittaa linjaa onhook-tilassa, jossa impedanssi on nimellisesti ääretön.

- GIC-lohko on aktiivinen eli kuluttaa virtaa.

15 **Keksinnön yhteenveto**

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on saada aikaan parannus
edellä esitettyihin epäkohtiin aikaansaamalla ratkaisu, jonka avulla impedans-
sikorjaus pystytään toteuttamaan mahdollisimman optimaalisella tavalla.

20 Tämä päämäärä saavutetaan keksinnön mukaisella ratkaisulla, joka
on määritelty itsenäisissä patenttivaatimuksissa.

Keksinnön ajatuksena on kompensoida jakajan lisäyksen aiheutta-
maa palvelun laadun heikennystä epäsymmetrisesti sijoittamalla impedanssin
konvertointielimet kokonaisuudessaan passiivisen alipäästösuodatinlohkon ti-
laajajohdon puoleisen liitännän ja POTS/ISDN-liitännän väliin. Tällöin impe-
25 danssisovitus voidaan suorittaa joko käyttäen ainoastaan yhtä GIC-lohkoa, jo-
ka sijoitetaan passiivisen alipäästösuodatinlohkon ja POTS-liitännän väliin tai
jopa kokonaan ilman GIC-lohkoa varustamalla passiivinen alipäästösuodatin
erillisillä vastuksilla, joilla saavutetaan impedanssin korjausvaikutusta suoda-
tinlohkon karakteristista impedanssia muuttamalla. Viime mainittu tapa on kui-
30 tenkin tarkoitettu vain tilanteisiin, joissa sovitusvaatimukset eivät ole tiukkoja,
joten yhden GIC-lohkon toteutustapa on suotava. Tällä GIC-lohkolla impe-
danssisovitus pystytään palauttamaan mahdollisimman suurella tarkkuudella
vastaamaan tilannetta ennen ADSL:n asennusta, etenkin, kun käytännössä
tiukimmatkin sovitusvaatimukset voidaan täyttää käyttämällä yhden GIC-loh-

kon lisäksi passiivisessa alipäästösuodatinlohkossa em. vastuksia, joilla suodattimen sovitusta voidaan parantaa tilaajalinjan puolelta.

Keksintö perustuu siihen oivallukseen, että palvelun laadun säilymisen kannalta oleellista on yhteyden symmetrisyys, ei jakajan (suodattimen) symmetrisyys. Koska alipäästösuodattimen lisääminen yhteydelle aiheuttaa tilaajalaitteessa olevan impedanssisillan (kuvataan jäljempänä) tasapainon heikkenemistä, ei erillisellä GIC-lohkolla suoritettavasta korjauksesta ole oleellista hyötyä sillä puolella suodatinta, jossa 2/4-johdinkonversiota ei tehdä. Näin ollen erillistä GIC-lohkoa ei tarvita suodatinlohkon tilaajalinjan puolella, vaan impedanssisovitus pystytään toteuttamaan ainoastaan yhdellä POTS-liitännän puolella olevalla loholla, käyttäen tarvittaessa apuna em. vastuksia suodatinlohkossa.

Keksinnön mukaisen ratkaisun avulla voidaan laadukas xDSL-palvelu toteuttaa taloudellisesti entistä edullisemmin sekä entistä pienempää ja yksinkertaisempaa jakajaa käyttäen. Lisäksi ratkaisulla saavutetaan kahden GIC:n ratkaisuun verrattuna muita etuja, kuten em. ylimenoresistanssin puolittuminen ja sen seurauksena pienempi tehollisen pituuden kasvu offhook-tilassa sekä em. rinnakkaisimpedanssin kaksinkertaistuminen ja sen seurauksena onhook-tilan kuormituksen puolittuminen.

20

Kuvioluettelo

Seuraavassa keksintöä ja sen edullisia suoritusmuotoja kuvataan tarkemmin viitaten oheisten piirustusten mukaisiin esimerkkeihin, joissa

- 25 kuvio 1 havainnollistaa ADSL Forumin määrittelemää yleistä verkkomallia,
- kuvio 2 esittää POTS- ja ADSL-palveluiden kesken jaettua tilaajajohtoa,
- kuvio 3 esittää keksinnön mukaisella siirtoyhteydellä käytettyä taajuusjakoa,
- kuvio 4 havainnollistaa operaattorien käyttämää referenssi-impedanssia, jonka avulla arvioidaan jakajan hyvyttä,
- 30 kuvio 5 esittää erästä tunnetun tekniikan mukaista impedanssin korjausmenetelmää,
- kuvio 6 havainnollistaa tunnettua tilaajayhteydellä toteutettavaa siirtosuuntien erotusta,
- kuvio 7 havainnollistaa keksinnön mukaista suodatintopologiaa POTS/ADSL-
- 35 jakajan alipäästösuodatinta varten,

- kuvio 8 havainnollistaa kuvion 7 mukaisessa toteutuksessa käytettävää passiivista alipäästösuodatinlohkoa sen yleisessä muodossa,
 kuvio 9 esittää differentiaalista toteutusta kuvion 8 suodatinlohkosta,
 kuvio 10 esittää suodatinlohkon erästä mahdollista toteutustapaa,
 5 kuvio 11 esittää yleistä 2-porttipiiriä,
 kuvio 12 esittää impedanssin muuntavan GIC:n periaatteellista toteutusta,
 kuvio 13 havainnollistaa impedanssin muuntavan GIC:n erästä käytännön toteutusta unipolaarisessa tapauksessa,
 kuvio 14 havainnollistaa kuvion 13 mukaisen GIC:n käytännön toteutusta differentiaalisessa tapauksessa,
 10 kuvio 15 esittää kuvion 14 GIC-lohkoa, kun sekä sen lähtö että sen tulo kytkettyvät linjalle induktiivisesti, ja
 kuviot 16a ja 16b esittävät alipäästösuodatinlohkon käytännön esimerkkimitoituksia.

15

Keksinnön yksityiskohtainen kuvaus

Kuten edellä mainittiin, xDSL-tekniikassa vaadittava jakosuodatus on toteutettava siten, että palvelun laatu ei oleellisesti huonone, kun xDSL-ominaisuus lisätään tilaajajohdolle. Alipäästösuodattimen osalta tämä merkitsee
 20 mm. sitä, että suodattimen impedanssi on sovitettava mahdollisimman hyvin tilaajajohdolle. Kuten edellä myös mainittiin, joidenkin operaattorien vaatimukset edellyttävät, että impedanssisovitus suoritetaan erillisellä GIC-lohkolla.

Kuten yleisesti tunnettua, tavanomaisella tilaajayhteydellä erotetaan siirtosuunnat toisistaan impedanssisillan (hybridin) avulla. Tätä periaatetta on
 25 havainnollistettu kuviossa 6, jossa impedanssisillan muodostavat impedanssit Z_1 , Z_2 , Z_3 ja linjaimpedanssi Z_{line} . Lähetyshaarassa on puhelimen mikrofoni M kytketty vahvistimen A1 ja impedanssin Z_3 kautta linjajohtimelle L. Impedanssin Z_3 vahvistimen puoleinen napa on puolestaan kytketty impedanssien Z_1 ja Z_2 kautta maahan. Viimemainittujen yhteinen napa sekä linjajohdin L
 30 muodostavat vastaanottoliitännän, joka on puolestaan kytketty vastaanottovahvistimen A2 kautta kuulokkeelle E. Tasapainotilassa impedanssiarvoille pätee $Z_1/Z_2 = Z_3/Z_{line}$. Impedanssisillan oikea toiminta edellyttää, että sitä kuormitetaan tilaajajohdolla, joka on päätetty kaukopään sillalla (jonka periaatteellinen toteutus on identtinen tilaajapään kanssa ja joka on paikalliskeskus-
 35 kuksessa).

Keksinnön mukainen ratkaisu perustuu siihen oivallukseen, että puhelinyhteyden laadun kannalta oleellista on yhteyden symmetria, ei suodattimen symmetria, johon kahden GIC-lohkon toteutus perustuu. Kun alipäästösuodatin lisätään yhteydelle, se aiheuttaa impedanssisillan tasapainon heik-
 5 nemistä. Tästä johtuen impedanssin korjaus toteutetaan esillä olevassa keksinnössä epäsymmetrisesti niin, että suodattimen tilaajajohdon puolella, jossa 2/4-johdinkonversiota ei tehdä, ei ole erillistä GIC-lohkoa. Ensisijaisessa toteutuksessa käytetään kuvion 7 mukaista ratkaisua, jossa varsinainen suodatus suoritetaan passiivisella alipäästösuodatinlohkolla 72, joka on tyypillisesti
 10 RLC-verkko, ja POTS-liitännän ja alipäästösuodatinlohkon väliin sijoitetaan GIC-lohko 71, jolla impedanssisovitus palautetaan mahdollisimman suurella tarkkuudella vastaamaan tilannetta ennen ADSL:n asennusta. GIC-lohko on siis vain alipäästösuodatinlohkon POTS-liitännän puolella.

Alipäästösuodatinlohko 72 on yleisessä muodossaan kuviossa 8
 15 esitetyn kaltainen verkko, joka käsittää N peräkkäistä alilohkoa B_i ($i=1\dots N$), joista jokainen voi käsittää (tilaajajohtoon nähden) pitkittäisen kondensaattorin CL_i , pitkittäisen vastuksen RL_i , pitkittäisen kelan LL_i ja poikittaisen kondensaattorin CT_i ($i=1\dots N$). Poikkeuksena tästä on tilaajajohdolta päin katsottuna ensimmäinen lohko (B_N), jossa ei saa olla pitkittäiskapasitansseja. Näin siitä
 20 syystä, että alipäästösuodattimella on oltava suuri tuloimpedanssi ADSL-kaistalla. Jokaisella näistä komponenteista on oma tehtävänsä suodatinlohkossa. Perustoiminto eli alipäästösuodatus saadaan pitkittäisen kelan ja poikittaisen kondensaattorin yhdistelmällä. Pitkittäisen kondensaattorin avulla voidaan puolestaan lisätä vaimennusta tietylle taajuuskaistalle. Pitkittäisillä vastuksilla
 25 RL_i voidaan muokata suodattimen karakteristista impedanssia ja tällä tavoin korjata tarvittaessa impedanssisovitusta tilaajajohdon puolelta.

Käytännön toteutus on tyypillisesti differentiaalinen, jolloin alipäästösuodatinlohko on kuvion 9 mukainen. Tässä tapauksessa on kunkin lohkon pitkittäinen induktanssi toteutettu muuntajalla TL_i (ja pitkittäiset vastukset ja
 30 kondensaattorit ovat ko. muuntajan kummankin käämityksen rinnalla).

Alipäästösuodatinlohkon peräkkäisten alilohkojen lukumäärä voi vaihdella. Yksinkertaisimmassa tapauksessa alilohkoja on vain yksi ($N=1$), mutta käytännössä riittävän ADSL-kaistan vaimennuksen saavuttamiseksi tarvitaan kuitenkin vähintään kaksi alilohkoa. Alilohkojen lukumäärällä vaikute-
 35 taan suodattimen jyrkkyyteen. Toisiaan vastaavilla komponenteilla on eri ali-

lohkoissa tyypillisesti eri arvot. Kussakin alilohkossa on vähintään pitkittäinen kela, mutta koko suodatinlohkossa on kuitenkin aina vähintään yksi pitkittäinen kela (muuntaja) ja yksi poikittainen kondensaattori. LC-verkon tapauksessa, jossa pitkittäisresistansseilla ei vaikuteta sovitukseen, on POTS-liitännän puoleinen GIC-lohko välttämätön.

Alipäästösuodatinlohko toteutetaan tunnettuja suodattimen mitoitusperiaatteita noudattaen, mutta lisäksi pitkittäisresistanssien avulla voidaan tarvittaessa hoitaa tilaajajohdon puoleista impedanssisovitusta. Tämän tarpeellisuus riippuu kuitenkin siitä, onko GIC-lohko välttämätön ja jos on, kuinka hyvin sovitusvaatimukset pystytään täyttämään pelkällä GIC-lohkolla.

Kuviossa 10 on eräs alipäästösuodatinlohkon toteutusesimerkki, jossa on yhteensä kolme peräkkäistä alilohkoa. Ensimmäinen alilohko sisältää kaikki edellä mainitut komponentit, toisessa alilohkossa on pitkittäiskondensaattoreita lukuunottamatta kaikki muut komponentit ja kolmannessa alilohkossa on ainoastaan pitkittäismuuntaja. Tässä tapauksessa on pitkittäisresistansseilla RL1', RL1'', RL2' ja RL2'' muokattu suodattimen karakteristista impedanssia. Pelkän LC-verkon karakteristinen impedanssi on reaalinen, mutta muuttuu kompleksiseksi, jos pitkittäisresistanssit otetaan käyttöön. Jäljempänä esitetään vielä kaksi erilaista käytännön mitoitusesimerkkiä.

Myös impedanssin muuttavan GIC-lohkon 71 toteutuksessa voidaan noudattaa sinänsä tunnettuja periaatteita. Sovelluksen kannalta oleellista on mm. se, että GIC-lohko tarjoaa suhteellisen läpinäkyvän reitin (pienen vaimennuksen/vääristymän) soittojännitteelle ja tasavirralle. Seuraavassa kuvataan tarkemmin GIC-lohkon periaatteita. (Näitä periaatteita on kuvattu myös esim. julkaisussa Leonard T. Bruton: RC-Active Circuits, Theory and Design, kapale 2-6.1, Prentice-Hall, Inc., ISBN 0-13-753467-1.)

Yleisen 2-portin (kuvio 11) porttien 1 ja 2 virtojen ja jännitteiden välillä on yhteys, jonka määrittelevät portin ketjumatriisin alkiot A, B, C ja D seuraavasti:

$$\begin{bmatrix} V_1(s) \\ I_1(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2(s) \\ -I_2(s) \end{bmatrix}.$$

Yleisessä tapauksessa siis matriisialkiot kuten myös porttien virrat ja jännitteet ovat taajuusriippuvia (s on kompleksinen taajuus, jolle pätee $s=j\omega=j2\pi f$, missä f on taajuus ja $j^2=-1$). Jos pätee

$$\begin{cases} B = C = 0 \\ A \neq D \end{cases}$$

on kyseessä impedanssin muuttava 2-portti. Tämä tarkoittaa, että portin 1 tuloimpedanssin $Z_1 (=V_1/I_1)$ ja portin 2 kuormaimpedanssin Z_2 kytkee toisiinsa relaatio

5
$$Z_1 = \frac{A(s)Z_2}{D(s)} = F(s)Z_2.$$

Portissa 1 näkyvä impedanssi on siis yhtä kuin portin 2 kuormaimpedanssi kerrottuna kompleksisen taajuuden funktiolla, joka on riippumaton kuormaimpedanssista. Tällaisen ketjumatriisin omaava 2-portti voidaan toteuttaa kytkemällä porttien välille portin 2 jännitteellä ohjattu jännitelähde kuvion 12 mukaisesti.

Ohjatun lähteen kytkeminen käytännön tilaajajohdolle on edullista tehdä kuvion 13 mukaisella piiritopologialla, jossa jännitelähteen (operaatiovahvistimen OP1) tulo kytkeytyy linjalle kapasitiivisesti ja lähtö induktiivisesti. Tämän ratkaisun etuna on se, että tarvittavat komponentit ovat (fyysisesti ja/tai sähköisesti) mahdollisimman pienikokoisia. Kuvion 13 kytkennässä operaatiovahvistimen invertoimaton tulo on kytketty maapotentiaaliin ja sen invertoitu tulo vastuksen R_{in} ja kondensaattorin C_{in} muodostaman sense-piirin SC kautta linjalle. Tämän RC-piirin avulla otetaan operaatiovahvistimelle näyte linjajännitteestä. Kapasitanssin C_{in} arvo on suuri niin, että äänikaistalla kapasitanssi voidaan olettaa likimain oikosuluksi, jolloin vahvistimella on (äänikaistalla) resistiivinen tulo. Operaatiovahvistimen takaisinkytkentäsilmuksessa on impedanssi Z_f , joka on kompleksisen taajuuden s funktio, jolloin pisteseen P1 saadaan jännite $V[(a+bs)/(c+ds)]$, kun V on tulojännite, missä a ja b ovat vakioita. Muuntajan T2 avulla muunnetaan tämä jännite linjalle pitkittäiseen muotoon. Kuvion 13 kytkentä noudattaa siis kuvion 12 periaatetta.

Käytännössä tilaajajohto on kaksijohtiminen, joten kytkentä on tehtävä differentiaalisesti. Kuviossa 14 on havainnollistettu tällaista toteutusta. Tässä tapauksessa saadaan operaatiovahvistimen OPb tuloon virta I_b , joka on verrannollinen johtimen b potentiaaliin V_b . Operaatiovahvistin OPa avulla toteutetaan analoginen inversio, jolloin vahvistimen lähtöön saadaan virta I_a , joka on verrannollinen potentiaaliin $-V_a$, kun V_a on johtimen a potentiaali. Operaatiovahvistimen OPb avulla nämä virrat summataan impedanssin Z_f muodosta-

maan takaisinkytkentähaaraan, jolloin pisteeseen P1 saadaan jännite, joka on edellä kuvattua muotoa.

Kuvion 14 mukaiseen GIC-lohkon toteutukseen liittyy kuitenkin eräs ongelma: kytkentä muuttaa yhteismuotoista jännitettä differentiaaliseksi. Ongelmaan voidaan tarjota kaksi vaihtoehtoista ratkaisua:

1. Toteutetaan suodatin niin, että elektroniikan maapotentiaalista on käytännössä ääretön impedanssi maapalloon, so. suodattimen elektroniikka kelluu.

2. Valitaan GIC-lohkon ottopiirin vastukset ja kondensaattorit niin, että epäsymmetria on häviävän pieni.

Käytännön toteutuksessa ainoastaan vaihtoehto 1 lienee realistinen, sillä vastusten ja kondensaattorien valinta kohdan 2 mukaisesti on erittäin kallista.

Kuvio 15 esittää GIC-lohkoa, jossa sekä tulo- että lähtöpiiri kytkeytyvät linjalle induktiivisesti. Tässä tapauksessa ei tulokapasitansseja C_{in} tarvita (ensiökkämin välitossa on kondensaattori C), joten vastukset R_{in} kytkeytyvät suoraan muuntajan T3 toisiokäämityksen päihin. Muuntaja T3 voidaan toteuttaa erittäin symmetrisesti verrattuna diskreetteihin vastuksiin ja kondensaattoreihin, joten maadoitusjärjestelyihin ei tarvitse kiinnittää erityishuomiota tätä topologiaa käytettäessä. Tämäkään kytkentä ei kuitenkaan ole optimaalinen, sillä sekä muuntajan T3 pääinduktanssin että kondensaattorin C kapasitanssin täytyy olla huomattavan suuri. Käytännössä tämä johtaa fyysisesti suurikokoisiin komponentteihin.

Suuria kapasitansseja (luokkaa mikrofaradi tai enemmän) käytettäessä on kuitenkin olemassa riski, että puhelin ei soi, kun keskuksen soittoäänigeneraattoria kuormitetaan kapasitiivisesti. Myös tästä syystä on erittäin epäsuotavaa käyttää kahden GIC-lohkon toteutusta. Keksinnön mukaisen lisäetuna on siis se, että mainittu riski saadaan pienemmäksi ko. toteutuksissa.

Kuten edellä mainittiin, jos teleoperaattorin asettamat sovitusvaatimukset eivät ole tiukkoja, on periaatteessa mahdollista hoitaa sovitus pelkän RLC-verkon avulla pitkätaajuuksien mitoituksella.

Kuvioissa 16a ja 16b on esitetty alipäästösuoatinalohkon kaksi käytännön esimerkkimitoitusta. Kuvion 16a tapauksessa on käytetty GIC-lohkoa (joka on edullisesti esim. kuvion 13 mukainen), kun taas kuvion 16b tapauksessa sovitus on hoidettu pelkän RLC-verkon avulla. Kuvioissa linjalta päin

nähtynä ensimmäisenä esitetty ADSL-modeemin tulokapasitanssi 50 nF (jota ei luonnollisestikaan kalusteta suodattimeen). Mitoituksessa on oletettu, että tilaajayhteydellä käytetään 3 km pitkää kierrettyä parikaapelia, jossa yksittäisen kuparijohdon paksuus on 0,4 mm. Tällainen johdinpaksuus on yleisin Euroopan puhelinverkoissa. Tilaajalaitetta simuloivan referenssi-impedanssin Zref komponenttiarvot olivat: $R_{11}=270\Omega$, $R_{12}=750\Omega$ ja $C_{11}=150\text{nF}$. Kyseisillä mitoituksilla päästään oletetussa ympäristössä tulokseen, jossa tilaaja ei voi kuulla minkäänlaista heikennystä, kun jakaja lisätään tilaajajohdolle. Tilaajan kannalta katsottuna palvelu voidaan siis käytännössä toteuttaa yhtä laadukkaana kuin kahden GIC-lohkon avulla, mutta edellä kuvatut, kahden GIC-lohkon toteutukseen liittyvät epäkohdat saadaan eliminoidua.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaisiin esimerkkeihin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella edellä ja oheisissa patenttivaatimuksissa esitetyn keksinnöllisen ajatuksen puitteissa. Kuten edellä mainittiin, esim. GIC-lohko voi olla mitä tahansa tunnettua tyyppiä. Näitä on kuvattu esim. edellä viitatussa EP-julkaisussa. Tosin virta-GIC:n (EP-julkaisun kuvio 7) käytännön epäkohtia ovat suuri pinta-alan kulutus (mahd. soittoääniongelma) sekä se, ettei symmetriaongelmasta päästä täysin eroon muuten kuin edellä kuvatulla maan kellu-
tuksella.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä kapea- ja laajakaistapalvelujen toteuttamiseksi tietoliikenneverkon siirtojohdolla (SL), jolla on taajuudesta riippuva karakteristinen impedanssi, jonka menetelmän mukaisesti

5 - siirtojohdolla siirretään kapeakaistaiseen palveluun kuuluvia signaaleja ensimmäisellä taajuusalueella, joka on tietyn rajataajuuden alapuolella ja laajakaistaiseen palveluun kuuluvia signaaleja toisella taajuusalueella, joka on mainitun rajataajuuden yläpuolella,

 - siirtojohdolle kytketään jakajaelementti (PS1, PS2), joka sisältää
10 passiivisen alipäästösuodatinlohkon (72), joka on kytketty siirtojohdon ja ensimmäisen liitännän (I1) väliin ja ylipäästösuodatinyksikön (HPF), joka on kytketty siirtojohdon ja toisen liitännän (I2) väliin, jolloin alipäästösuodatinlohkon avulla erotetaan kapeakaistapalveluun liittyvät signaalit ensimmäiseen liitännään ja ylipäästösuodatinyksikön avulla laajakaistapalveluun liittyvät signaalit
15 toiseen liitännään, sekä erilliset impedanssin konvertointielimet (71) ensimmäisen liitännän sovittamiseksi siirtojohdon karakteristiseen impedanssiin,

t u n n e t t u siitä, että

 impedanssin konvertointielimet sijoitetaan kokonaisuudessaan alipäästösuodatinlohkon (72) siirtojohdon puoleisen liitännän ja mainitun ensimmäisen liitännän väliin.
20

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että konvertointielimistä muodostetaan erillinen konvertointilohko (71), joka sovitetaan ensimmäisen liitännän ja alipäästösuodatinlohkon väliin.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,
25 että alipäästösuodatinlohko toteutetaan pelkästään induktansseja ja kapasitansseja sisältävänä LC-verkkona (72), joka käsittää ainakin yhden tilaajajohtoon nähden pitkittäisen induktanssin ja ainakin yhden tilaajajohtoon nähden poikittaisen kapasitanssin.

4. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,
30 että alipäästösuodatinlohko toteutetaan induktansseja ja kapasitansseja sisältävänä LC-verkkona (72), ja että osa impedanssin konvertointielimistä toteutetaan lisäämällä mainittuun verkkoon ainakin yksi vastuselementti (RL1', RL1'', RL2', RL2'').

5. Tietoliikennejärjestelmän jakajaelementti eri taajuusalueilla siirrettävien signaalien erottamiseksi toisistaan, joka jakajaelementti käsittää
35

- linjaportin (P), joka on kytketty siirtojohdolle (SL), jolla on taajuudesta riippuva karakteristinen impedanssi,
 - alipäästösuodatinlohkon (72), joka on kytketty linjaportin ja ensimmäisen liitännän (I1) väliin, joka ensimmäinen liitäntä on tarkoitettu alemmalla taajuusalueella siirrettäville signaaleille,
 - ylipäästösuodatinyksikön (HPF), joka on kytketty linjaportin ja toisen liitännän (I2) väliin, joka toinen liitäntä on tarkoitettu ylemmällä taajuusalueella siirrettäville signaaleille, ja
 - erilliset impedanssin konvertointielimet (71) ensimmäisen liitännän sovittamiseksi siirtojohdon karakteristiseen impedanssiin,
- t u n n e t t u siitä, että
- impedanssin konvertointielimet on sovitettu kokonaisuudessaan alipäästösuodatinlohkon siirtojohdon puoleisen liitännän ja mainitun ensimmäisen liitännän väliin.
6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen jakajaelementti, t u n n e t t u siitä, että impedanssin konvertointielimet käsittävät erillisen konvertointilohkon (71), joka on sovitettu ensimmäisen liitännän ja alipäästösuodatinlohkon väliin.
7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen jakajaelementti, t u n n e t t u siitä, että alipäästösuodatinlohko käsittää pelkästään induktansseja ja kapasitansseja sisältävän verkon (72), joka sisältää ainakin yhden tilaajajohtoon nähden pitkittäisen induktanssin ja ainakin yhden tilaajajohtoon nähden poikkittaisen kapasitanssin.
8. Patenttivaatimuksen 6 mukainen jakajaelementti, t u n n e t t u siitä, että alipäästösuodatinlohko käsittää pelkästään induktansseja ja kapasitansseja sisältävän verkon (72), joka sisältää ainakin yhden tilaajajohtoon nähden pitkittäisen induktanssin ja ainakin yhden tilaajajohtoon nähden poikkittaisen kapasitanssin, ja että impedanssin konvertointielimet käsittävät lisäksi ainakin yhden vastuselementin (RL1', RL1'', RL2', RL2''), joka on sovitettu mainittuun verkkoon.

Tiivistelmä

Keksintö koskee kapea- ja laajakaistapalvelujen toteuttamista tietoliikenneverkossa. Siirtojohdolle kytketään jakajaelementti, joka sisältää passiivisen alipäästösuodatinlohkon (72), joka on kytketty siirtojohdon ja ensimmäisen 5 liitännän (I1) väliin, ylipäästösuodatinyksikön (HPF), joka on kytketty siirtojohdon ja toisen liitännän (I2) väliin, sekä erilliset impedanssin konvertointielimet (71) ensimmäisen liitännän sovittamiseksi siirtojohdon karakteristiseen impedanssiin. Jotta alipäästösuodatinlohkon vaatima impedanssisovitus voitaisiin toteuttaa taloudellisesti edullisesti palvelun laatu säilyttäen, impedanssin kon- 10 vertointielimet sijoitetaan kokonaisuudessaan alipäästösuodatinlohkon (72) siirtojohdon puoleisen liitännän ja ensimmäisen liitännän väliin.

(kuvio 7)